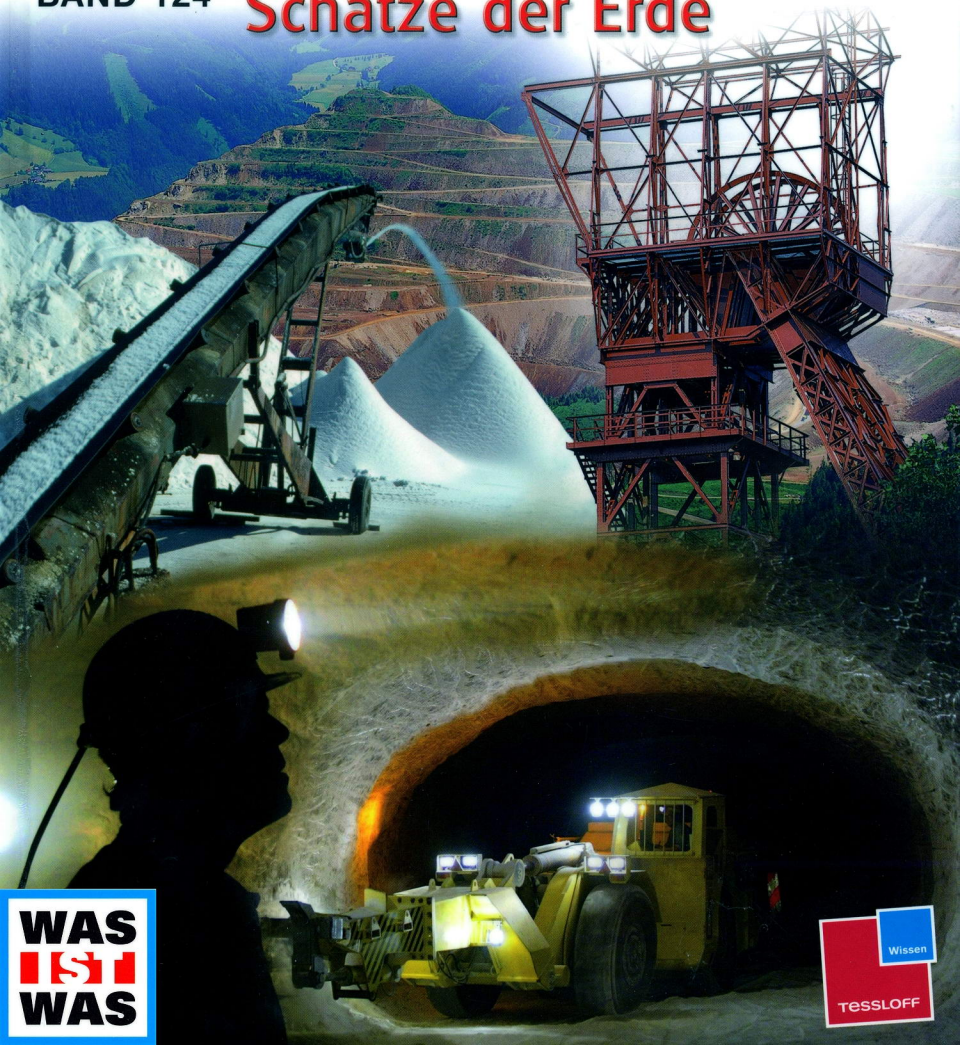




# Bergbau

BAND 124

Schätze der Erde



**WAS  
IST  
WAS**





Knapp eine Million Kilogramm Rohstoffe verbraucht jeder von uns im Laufe seines Lebens. Rohstoffe, das sind meist Bodenschätze wie Metalle, Salz, Öl, Kohle, Steine und Erden. Ohne diese Rohstoffe aus den Tiefen der teils noch wohl gefüllten Schatzkammer Erde wäre die Menschheit viel ärmer. **Dr. Rainer Köthe** erzählt in diesem WAS IST WAS-Band vom Bergbau und seiner Kultur. Er stellt die wichtigsten Bodenschätze vor und beschreibt, wie der Mensch im Laufe der Zeit gelernt hat, sie immer besser aufzuspüren. Er erklärt, wie man sie aus kilometertiefen Bergwerken oder riesigen Tagebau-Gruben gewinnt. Und er beschreibt die bestimmende Rolle der Bodenschätze in der menschlichen Geschichte von der Steinzeit bis zur Gegenwart.



## In dieser Reihe sind bisher erschienen:

- |                                    |   |  |   |                           |
|------------------------------------|---|--|---|---------------------------|
| Band 1 Unsere Erde                 | Band 27 Pferde                            | Band 53 Das Auto                         | Band 79 Moderne Physik                          | Band 102 Unser Kosmos     |
| Band 2 Der Mensch                  | Band 28 Akustik                           | Band 54 Die Eisenbahn                    | Band 80 Tiere – wie sie sehen, hören und fühlen | Band 103 Demokratie       |
| Band 3 Energie                     | Band 29 Wissenschaften                    | Band 55 Das alte Rom                     | Band 81 Die Sieben Weltwunder                   | Band 104 Wölfe            |
| Band 4 Chemie                      | Band 30 Insekten                          | Band 56 Ausgestorbene und bedrohte Tiere | Band 82 Gladiatoren                             | Band 105 Weltreligionen   |
| Band 5 Entdecker und ihre Reisen   | Band 31 Klimate                           | Band 57 Vulkan                           | Band 83 Hähnen                                  | Band 106 Burgen           |
| Band 6 Die Sterne                  | Band 32 Meereskunde                       | Band 58 Die Wikinger                     | Band 84 Mumien aus aller Welt                   | Band 107 Pinguine         |
| Band 7 Das Wetter                  | Band 33 Pilze                             | Band 59 Katzen                           | Band 85 Wale und Delfine                        | Band 108 Das Gehirn       |
| Band 8 Das Mikroskop               | Band 34 Wissen                            | Band 60 Die Kreuzzüge                    | Band 86 Elefanten                               | Band 109 Das alte China   |
| Band 9 Der Mensch                  | Band 35 Erfindungen                       | Band 61 Pyramiden                        | Band 87 Törme und Wölkenkratzer                 | Band 110 Tiere im Zoo     |
| Band 10 Fliegen und Luftfahrt      | Band 36 Polargebiete                      | Band 62 Die Germanen                     | Band 88 Ritter                                  | Band 111 Die Gene         |
| Band 11 Hunde                      | Band 37 Computer und Roboter              | Band 63 Fotografie                       | Band 89 Menschenaffen                           | Band 112 Fernsehen        |
| Band 12 Mathematik                 | Band 38 Säugetiere der Vorzeit            | Band 64 Die alten Griechen               | Band 90 Der Regenwald                           | Band 113 Europa           |
| Band 13 Wilde Tiere                | Band 39 Magnetismus                       | Band 65 Elzeiten                         | Band 91 Brücken und Tunnel                      | Band 114 Feuerwehr        |
| Band 14 Versunkene Städte          | Band 40 Vögel                             | Band 66 Geschichte der Medizin           | Band 92 Papageien und Sittiche                  | Band 115 Bären            |
| Band 15 Dinosaurier                | Band 41 Fische                            | Band 67 Die Völkerwanderung              | Band 93 Die Olympischen Spiele                  | Band 116 Musikinstrumente |
| Band 16 Planeten und Raumfahrt     | Band 42 Indianer                          | Band 68 Natur                            | Band 94 Samurai                                 | Band 117 Bauernhof        |
| Band 17 Licht und Farbe            | Band 43 Schmetterlinge                    | Band 69 Fossilien                        | Band 95 Hais und Rochen                         | Band 118 Mittelalter      |
| Band 18 Der Wilde Westen           | Band 44 Die Bibel. Das Alte Testament     | Band 70 Das alte Ägypten                 | Band 96 Schatzsuche                             | Band 119 Gebirge          |
| Band 19 Bienen, Wespen und Ameisen | Band 45 Mineralien und Gesteine           | Band 71 Platon                           | Band 97 Zauberer, Hexen und Magie               | Band 120 Polizei          |
| Band 20 Reptilien und Amphibien    | Band 46 Mechanik                          | Band 72 Heilmittel                       | Band 98 Kriminalistik                           | Band 121 Schlangen        |
| Band 21 Der Mond                   | Band 47 Elektronik                        | Band 73 Splinen                          | Band 99 Steinbilder und Sternzeichen            | Band 122 Bionik           |
| Band 22 Die Zeit                   | Band 48 Luft und Wasser                   | Band 74 Naturkatastrophen                | Band 100 Multimedia und virtuelle Welten        | Band 123 Pigale           |
| Band 23 Architektur                | Band 49 Sport                             | Band 75 Fahnen und Flaggen               | Band 101 Gekläte und ungeklärte Phänomene       | Band 124 Bergbau          |
| Band 24 Elektrizität               | Band 50 Der menschliche Körper            | Band 76 Die Sonne                        |   |                           |
| Band 25 Schiffe                    | Band 51 Muscheln, Schnecken, Tintenfische | Band 77 Tierwanderungen                  |   |                           |
| Band 26 Wildblumen                 | Band 52 Briefmarken                       | Band 78 Geld                             |   |                           |

Ein  Buch

# Bergbau

## Schätze der Erde

Von Dr. Rainer Köthe

Illustrationen von Eberhard Reimann



TESSLOFF

# Vorwort

Seit Jahrtausenden gräbt der Mensch in den Tiefen der Erde nach Bodenschätzen wie Edelmetallen, Erzen, Edelsteinen, Salz, Steinen, Kalk, Kies, Öl, Kohle und vielen anderen. Die Bedeutung der Bodenschätze zeigt sich schon in der üblichen Einteilung der Frühgeschichte in Stein-, Kupfer-, Bronze- und Eisenzeit: Der jeweils beste für Werkzeuge und Waffen verfügbare Rohstoff bestimmte die Höhe der Kultur.

Bodenschätze haben mehrfach den Gang der Weltgeschichte geprägt. Die Griechen finanzierten vor 2 500 Jahren mit dem Silber aus ihren Bergwerken den Krieg gegen die Perser, deren Sieg Europa verändert hätte. Es war die Gier nach Gold und Silber, die europäische Seefahrer auf die Ozeane lockte. Die industrielle Revolution mit der Erfindung von Dampfmaschine und Eisenbahn gründete sich auf Kohle und Eisen. Das Herz aller

Computer, Chips aus Silizium, werden aus dem Bodenschatz Quarz gefertigt.

Der mengenmäßig bedeutendste Bodenschatz ist heute Erdöl und bisweilen werden Kriege darum geführt. In naher Zukunft steht zu befürchten, dass Kämpfe um das in manchen Regionen rare Grundwasser ausbrechen.

Dieser WAS IST WAS-Band stellt die wichtigsten Bodenschätze vor und erklärt, wie sie einst entstanden. Außerdem erzählt er die spannende Geschichte des Bergbaus, von Reichtum und Macht, aber auch von Gefahren und Unglücken. Er zeigt, wie im Laufe der Jahrtausende die Techniken, mit denen man Bodenschätze aufspürt, aus der Erde fördert und aufbereitet, immer weiter entwickelt wurden. Er spannt dabei einen gewaltigen zeitlichen Bogen von den Höhlenmalereien über Altertum und Neuzeit bis zur modernen Welt.



## BAND 124

Dieses Buch ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Für die freundliche und sachkundige Unterstützung beim Entstehen des Buches bedanken wir uns bei Herrn Prof. Dr. Dr. habil. Kord Ernstson (Universität Würzburg), bei Herrn Ronald Hoffmann (esco-european salt company, Hannover), bei Herrn Dr. Ernst Künzl (Eckental), bei Herrn Dr. Stefan Przioda (Deutsches Bergbau-Museum, Bochum) und bei Herrn Dr. Detlef Riedel und Herrn Andreas-Peter Sitte (Gesamtverband Steinkohle, Essen).

### BILDQUELLENACHWEIS:

Fotos: Archiv des Autors: S. 26 u; Archiv für Kunst u. Geschichte, Berlin: S. 19, 25 o, 25 u r, 31 or, 34 ul, 39 mr; Archiv GDCdesign, Nürnberg: S. 48; Archiv Tessloff Verlag: S. 4, 6 (Feuerstein); Bridgeman Art Library, London: S. 22 u (3), 23 m, 33 ul; www.bmw.de: S. 9 u; Prof. Dr. Buggisch: S. 8 ml, 10 ur; Schmiedemeister Alfred Bullermann, Friesoythe: S. 23 mr; Alexander Calvelli, Köln: S. 37 o; Corbis, Düsseldorf: S. 7 o, 8 m (Batterien), 9 ol, 38 o; Dt. Bergbau-Museum/Montanhist. Dok.zentrum, Bochum: S. 22 ol, 25 ml (quadr.), 25 mr, 30 o, 32 ul (Kanne, Medaille), 32 ur (Tracht, Kuxschein), 42 (rund); Deutsches Museum, München: S. 24 o; Gesamtverband Steinkohle, Essen: S. 37 u, 40, 41, 42 r (Spalte), 42 ul (Bahn, Schildstreb), 43 m, 43 ur (Förderband, Hafen), 44, 45 ol, 45 mr, 46 u, 46 r; Gunther Galinsky, Freiberg: S. 31 ol; Peter Gregor, Schwäbisch Gmünd: S. 7 ur, 9 ml; Große Kreisstadt Annaberg-Buchholz: S. 32 u (Wappen); Dieter Knoblauch, Annaberg-Buchholz: S. 31 ur; Lapis-Archiv/C. Weise Verlag, München: S. 10 um (Smaragd), 10 ul; LKAB Schweden: S. 28 u, 29 u, 28/29 (Hintergr.); Museum St. Andreasberg, Oberharz: S. 26 o; Picture alliance, Frankfurt: S. 1 (Beförderung der Bergleute mit Transportband durch Stollen, Deutsche Steinkohle AG), 6 o, 6 ul (Axt, Messer), 7 mr, 7 u (Münze, Erz), 8 om, 8 or, 9 or, 9 om (Erz), 9 m, 10 o, 10 or (2), 11, 12, 15, 20, 22 or, 23 ul, 25 ml (rund), 27 or, 29 o, 32 or, 33 or, 34 o, 34/35 u, 36, 38 ur, 42 ur, 43 ol, 43 ul (Förderband, Kohle), 45 u, 46 o, 47 o, 46 m; Picture desk, London: S. 39 o; Rheinisches Landesmuseum, Bonn: S. 24 ul; Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Mainz: S. 24 ur; RWE Power AG, Essen: S. 35 or; J. Schmitz, Aachen: S. 16; Science Photo Library: S. 38 ul; SLUB Dresden, Deutsches Fotothek: S. 27 m (2, Henrik Ahlers), 39 ur (DZL); Stadtarchiv Goslar, Goslar: S. 30 u, 31ul; Stadtgemeinde Schwaz: S. 32 u (Wappen); Stadt Salzitter: S. 32 u (Wappen); Stiftung Zollverein, Essen: S. 47 u; The Picture Desk, London: S. 39 o; ThyssenKrupp AG, Düsseldorf: S. 8/9 (Hintergr.); Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck: S. 27 ul; www.fotolia.de: S. 7 (Hintergr.), 33 (Hintergr.); www.wikipedia.de: S. 7 ml, 8 ur; Wildlife Bildagentur, Hamburg: S. 10 ol, 10 m (Salz); Gery Wolf, Graz: S. 35 ur

UMSCHLAFOTOS: Picture alliance, Frankfurt; Corbis, Düsseldorf (Förderband)

ILLUSTRATIONEN: Eberhard Reimann

GRAPHIK: GDCdesign, Tanja Schwarz, Uli Knauer, Nürnberg

Copyright © 2007 Tessloff Verlag, Burgschmietstraße 2–4, 90419 Nürnberg.

www.tessloff.com • www.wasistwas.de

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck, die fotomechanische Wiedergabe sowie die Einspeicherung in elektronische Systeme sind nur mit Genehmigung des Tessloff Verlages gestattet.

# Inhalt



## Die Schätze der Erde

Wofür brauchen wir Bodenschätze?

Wann gruben Menschen erstmals nach Bodenschätzen?

## Einige wichtige Bodenschätze

### Entstehung von Bodenschätzen

Wann spricht man von Lagerstätte, wann von Vorkommen?

Wie haben sich Kohle und Erdöl gebildet?

Woher stammen unsere Salzlager?

Wie formten sich Erzgänge und -lagerstätten?

Entstehen auch heute noch Erzlager?

### Die Suche nach Bodenschätzen

Wie fand man früher Bodenschätze?

Was verstehen wir unter Fernerkundung?

Wie funktioniert die Geoelektrik?

Nutzt die Seismik Erdbebenwellen?

Was misst man bei der Magnetik?

Wie funktioniert die Schwerkraftmessung?

Wie nutzt man Radarwellen zur Erkundung?

Werden auch Strahlungsmessungen eingesetzt?

Warum ist die Geothermie eine wichtige Methode?

### Vom Erz zum Metall

Wann hat der Mensch erstmals Metalle verwendet?

Wie wurde das Kupfererz abgebaut?

Warum löste Eisen die Bronze ab?

Wie verbesserten die Römer die Bergbautechnik?

Was brachte die Neuzeit an technischem Fortschritt?

Wie wurden die Bergwerke entwässert?



Wie wird Erz in modernen Bergwerken abgebaut?

## 4 Bergbau, Kultur und Gesellschaft

Warum waren Bergleute bei Herrschern besonders angesehen?

Was ist eine Knappschaft?

Wer zog Nutzen aus dem Reichtum des Bergbaus?

## Salz – das weiße Gold

### Tagebau

### Brennbare Steine – die Kohle

Wann begann der Kohlenabbau im Ruhrgebiet?

Was leistete die Dampfmaschine für den Bergbau?

Wagen auf Schienen – die Erfindung des Bergbaus?

Wie wurde Nitroglyzerin eingesetzt?

### Schnitt durch ein Steinkohlenbergwerk

Wie arbeitet man heute vor Ort?

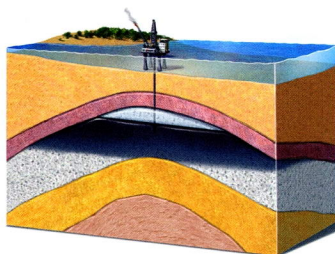
Wie gelangt die Kohle an die Oberfläche?

Welchen Gefahren sind Bergleute ausgesetzt?

### Stillgelegte Bergwerke

### Begriffe aus dem Bergbau

### Index



28

30

31

31

33

34

36

38

38

39

40

42

43

45

47

48

48

# Die Schätze der Erde

## Wofür brauchen wir Bodenschätze?

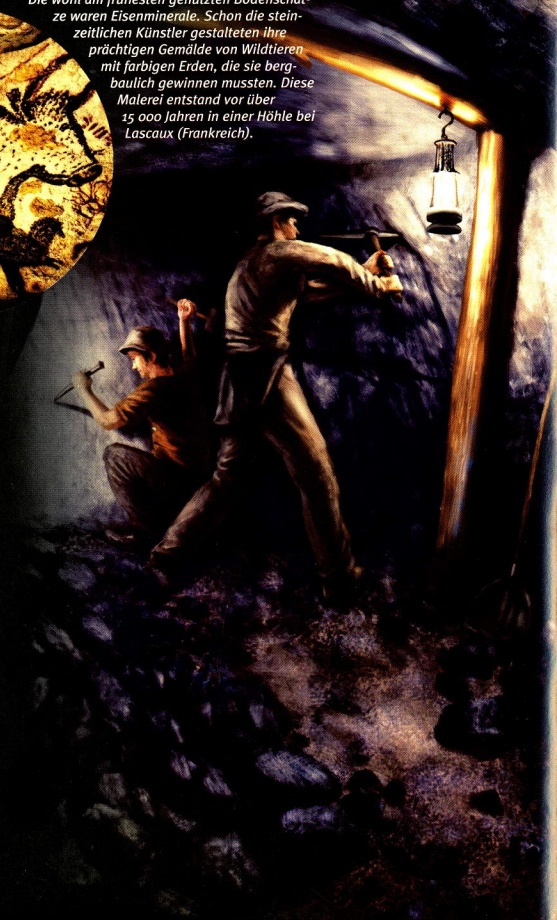
Jeder von uns verbraucht im Laufe seines Lebens etwa eine Million Kilogramm Rohstoffe aus Bodenschätzen. Wir bauen Häuser, Straßen und Brücken und nutzen dafür Sand, Gestein und Kalk. Wir fertigen Werkzeuge, Fahrzeuge und unzählige Alltagsgegenstände aus Metallen wie Eisen, Aluminium und Kupfer. Wir erzeugen Kunststoffe und Tausende von anderen Produkten der Chemie- und Arzneimittelindustrie aus Rohstoffen wie Öl, Kalk und Salz. Wir schmücken uns mit Edelmetallen wie Gold und Silber und mit edlen Steinen.

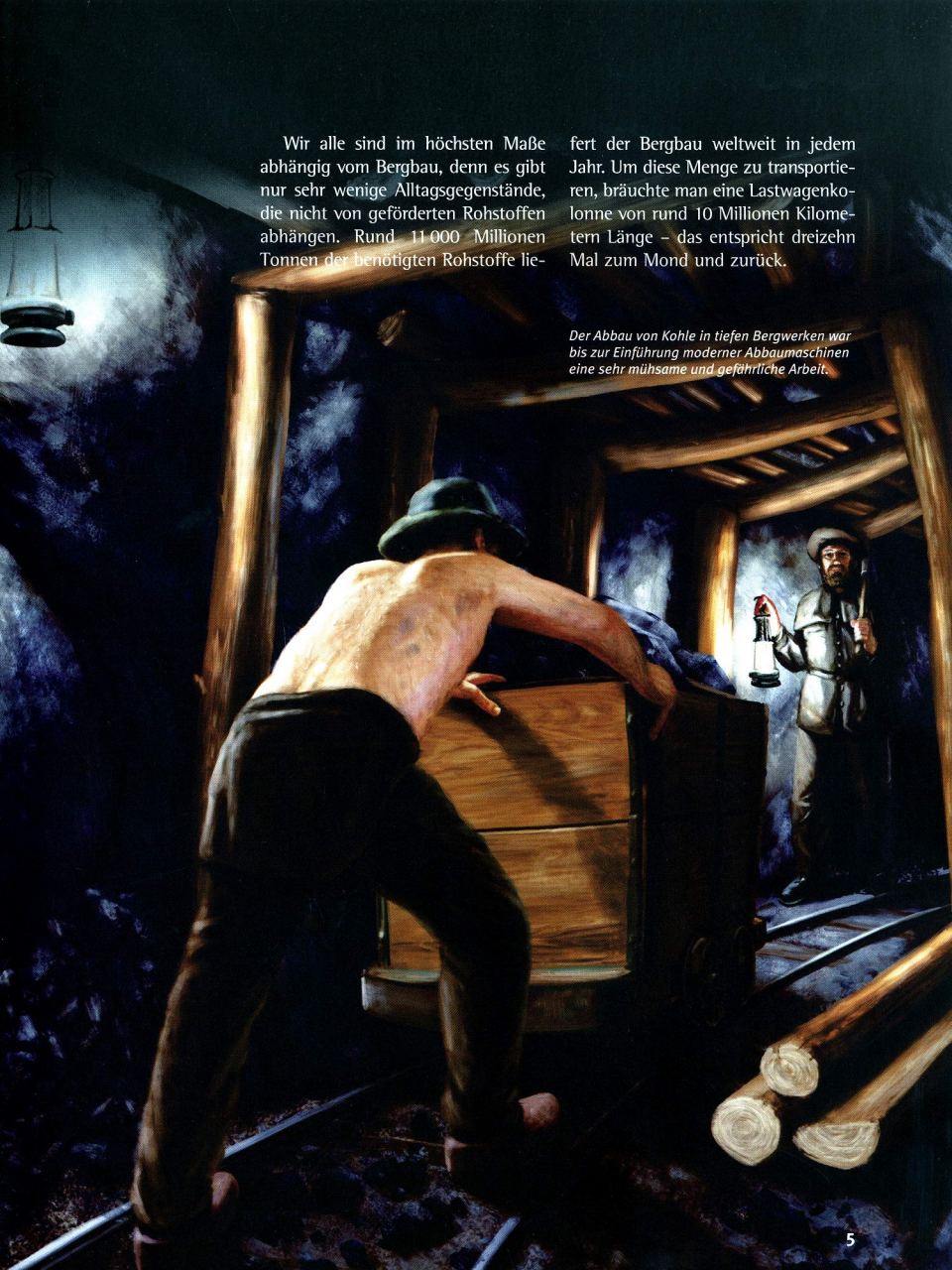
Außerdem verbrennen wir Unmengen der Energieträger Erdöl, Stein- und Braunkohle sowie Erdgas in Häusern, Autos, Flugzeugen, Bahnen und Schiffen.

Ton, Kies, Sand und Kalk empfinden die meisten Menschen gar nicht als besonderen Schatz. Dennoch werden jährlich Millionen Tonnen davon aus dem Boden gebaggert oder im Steinbruch gewonnen. Der Ton wird zu Ziegelsteinen verarbeitet und aus Kalk, Tonmineralen und Kohle brennt man Zement, ohne den kein Bau auskommt. Kalk nutzt auch die chemische Industrie als Grundstoff, etwa

um Düngemittel und viele andere Stoffe herzustellen. Selbst die Glas-erzeugung ist auf Kalk und reinen Sand angewiesen. Aber Sand ist auch Rohstoff zur Herstellung von Silizium, dem Material der Computerchips. Das Internet-Zeitalter gründet sich also ebenso auf Bodenschätze.

*Die wohl am frühesten genutzten Bodenschätze waren Eisenminerale. Schon die steinzeitlichen Künstler gestalteten ihre prächtigen Gemälde von Wildtieren mit farbigen Erden, die sie bergbaulich gewinnen mussten. Diese Malerei entstand vor über 15 000 Jahren in einer Höhle bei Lascaux (Frankreich).*





Wir alle sind im höchsten Maße abhängig vom Bergbau, denn es gibt nur sehr wenige Alltagsgegenstände, die nicht von geförderten Rohstoffen abhängen. Rund 11 000 Millionen Tonnen der benötigten Rohstoffe lie-

fert der Bergbau weltweit in jedem Jahr. Um diese Menge zu transportieren, bräuchte man eine Lastwagenkolonne von rund 10 Millionen Kilometern Länge – das entspricht dreizehn Mal zum Mond und zurück.

*Der Abbau von Kohle in tiefen Bergwerken war bis zur Einführung moderner Abbaumaschinen eine sehr mühsame und gefährliche Arbeit.*

## Wann gruben Menschen erstmals nach Bodenschätzen?

Der erste wichtige Bodenschatz, den Menschen nutzten, war Feuerstein. Das ist eine Gesteinsart, die härter ist als Stahl und so spröde, dass sie beim Zerschlagen sehr scharfe Bruchkanten liefert.

Feuerstein war die Grundlage der ersten Form europäischer Industrie. Man hat an mehreren Stellen, etwa in Deutschland, England, Polen, Belgien und Frankreich, riesige Mengen von Feuersteinabschlägen gefunden. Hier haben steinzeitliche Experten hochentwickelte Werkzeuge hergestellt: Schaber, Bohrer, Faustkeile, Beile, Messer. Und zwar keineswegs nur für den Eigenbedarf: Händler brachten sie über Hunderte von Kilometern zu ihren Kunden.

Den hohen Bedarf an Rohmaterial deckte ein intensiver Feuersteinbergbau. Mit einfachen Werkzeugen aus Stein und Hirschgeweihen grub man bis zu zwölf Meter tiefe Schächte in den Boden, sogenannte Pingin. Die Technik dafür war vom Bau von Fallgruben bekannt.



Axt aus Feuerstein: Werkzeug, aber auch ein Symbol für Macht und Stärke des Besitzers



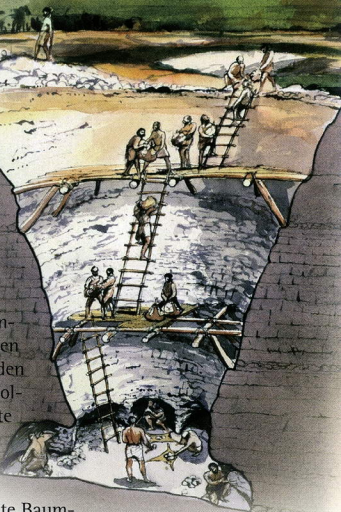
Eine der am besten erforschten Stellen des Feuersteinabbaus in England ist „Grime's Graves“ in Norfolk. Vor über 5 000 Jahren wurde hier in ungefähr neun Metern Tiefe Feuerstein ausgebrochen, in Tierhäute eingewickelt und über einfache Leitern nach oben geschafft. 433 Mulden, Anzeichen für ehemalige Schächte, sind heute noch auf dem gesamten Gelände sichtbar.

Mancherorts legte man Gänge in den feuersteinhaltigen Gesteinsschichten an. In den schmalen und niedrigen Stollen konnten die Bergleute nur im Hocken oder Liegen arbeiten. Das Licht lieferten rußende Holzfackeln. Schräg in die Grube gestellte Baumstämme dienten als Leitern. Das gewonnene Material und das unerwünschte „taube“ Gestein brachte man in Beuteln aus Fell oder in Körben an die Oberfläche.

Steinzeitliches Werkzeug aus Feuerstein wie dieser Faustkeil kommt immer wieder bei Ausgrabungen ans Tageslicht.



Ein mit viel Geschick gefertigtes Messer aus Feuerstein nordamerikanischer Indianer



**MINERALIEN** nennt man Stoffe in der Erdkruste, die chemisch einheitlich aufgebaut sind und kristallin vorliegen. Man kennt heute über 4 000 solcher Mineralien. Sie bilden teilweise wunderschöne große Kristalle.

**BODENSCHÄTZE** findet man meist nicht in gebrauchsfertiger Form. Eisen, Aluminium und die meisten anderen Metalle liegen nicht als Metallklumpen im Boden, sondern als Erz. Sie sind chemisch verbunden mit anderen Stoffen, etwa Sauerstoff oder Schwefel. Erze sind Mineralienmenge, in denen das Metall so angereichert ist, dass man es auch technisch gewinnen kann. Erze sind vielfach mit anderem unbrauchbarem Gestein vermischt und müssen daher vor der Weiterverarbeitung zunächst angereichert werden.

# Einige wichtige Bodenschätze

## GOLD

Das weiche, dehnbare und schwere Metall ist das wichtigste unter den Edelmetallen. „Edel“ bedeutet: Es reagiert fast nicht mit anderen Stoffen, behält auch nach Jahrtausenden seinen Glanz und ist praktisch unzerstörbar. Man findet es daher auch nicht als Erz, also nicht in einer chemischen Verbindung, sondern als reines Metall, wenn auch selten. Mit seiner gelben Farbe erinnert es an die Sonne, die bei vielen Völkern göttliche Ehren genoss. Seit Jahrtausenden wird Gold ge-

schätzt und vor allem zu Schmuck und Münzen verarbeitet. Dabei ist es für Waffen und Werkzeuge unbrauchbar, denn es ist außerordentlich weich: Man kann Gold



Goldbarren (aus eingeschmolzenen Goldklumpen) und Gold-Nuggets

zu dünnsten Drähten oder hauchdünnen Folien von weniger als einem Zehntausendstel Millimeter Stärke auswalzen. In Schmuck oder Münzen ist es stets mit härteren Metallen wie Kupfer oder Silber vermischt. Gold wird vor allem in der Technik verwendet, etwa für besonders zuverlässige elektrische Kontakte. Die Hauptförderländer sind heute Südafrika, USA und Australien. Man findet es zum Beispiel in manchen Gebirgen, entweder in Form von Gängen oder fein verteilt in bestimmten Gesteinen.

Während Gold als Symbol der Sonne

## SILBER

galt, verband man Silber mit dem Mond. Kein Wunder, ist es doch das am hellsten glänzende Edelmetall und seit Jahrtausenden bekannt. Ähnlich wie Gold wurde es zu Münzen verarbeitet. Auch bei der Herstellung von Spiegeln nutzte man früher den hellen Silberglanz. Aus Silber wird



Alte Silbermünze aus Griechenland

Schmuck hergestellt und es ist Überzugsmaterial für wertvolles Besteck. Leider ist Silber nicht ganz so edel wie Gold – an ver-

schmutzter Luft (Schwefelgase) bilden sich deshalb dunkle Überzüge. Man sagt, es läuft an. Nur an wenigen Stellen findet sich Silber in reiner, metallischer Form. In solchen Vorkommen bildet es oft lange lockenähnliche Gebilde. In Silbererzen ist es meist mit Schwefel chemisch verbunden. Die weitaus größten Mengen gewinnt man seit Jahrhunderten als Nebenprodukt der Blei- oder Kupferherstellung, denn deren Erze enthalten meist kleine Mengen Silber. Größte Silberproduzenten sind zurzeit Mexiko, Peru und Australien.



Silberlocke

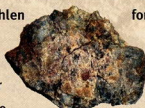
## LEGIERUNG

Legierungen nennt man Metallmischungen. Meist werden die Metalle zusammengeschmolzen. Legierungen haben stets andere Eigenschaften als die Ursprungsmetalle. Oft sind sie härter und widerstandsfähiger, wie man an den Legierungen Bronze und Messing feststellen kann. Auch das Amalgam für Zahnfüllungen ist eine Mischung und enthält unter anderem Silber und Quecksilber.

## KUPFER

Das rote Edelmetall zählt zu den ältesten Gebrauchsmetallen des Menschen. Vermutlich schon vor 10 000 Jahren hat man sogenanntes gediegenes, also metallisches Kupfer, das man gefunden hat, zu Werkzeugen gehämmert. Kupfererze zeichnen sich häufig durch ihre blaue oder grüne Farbe aus. Auch

manche Edelsteine enthalten Kupfer, etwa Malachit und Türkis. Zu den wichtigsten Kupferlegierungen zählen Bronze (mit Zinn) und Messing (mit Zink). Heute ist Kupfer eines der meistverwendeten Metalle, etwa für Münzen, für Rohre und zum Decken von Dächern – die



Kupfererz

Kupferdächer nehmen nach einigen Jahren an Luft und Feuchtigkeit eine

blaugrüne Färbung an. Große Mengen reinen Kupfers werden zu Drähten geformt, weil das Metall besonders gut elektrischen Strom leitet. Kupfer wird nur aus seinen Erzen gewonnen. Riesige Lagerstätten gibt es hauptsächlich in Chile, Indonesien und den USA, die im Tagebau ausgebeutet werden können.

Gut bekannte Kupfermünze

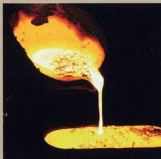


Kupferdraht

Schon die steinzeitlichen Höhlenmaler

## EISEN

nutzten vor etwa 30 000 Jahren Eisenminerale (Ocker) für ihre Braun- und Rottöne. Eisenerze birgt die Erde in unglaublich großen Mengen – Eisen ist eines der häufigsten Elemente und Hauptbestandteil des Erdkerns. Seine roten, ockerbraunen, bläulichen und gelblichen Verbindungen mit Sauerstoff und Wasser sind es, die Ton und Lehm, Kalk, Sandstein und vielerorts auch dem Erdboden die Farbe geben. In manchen Gebieten haben sich in der Erd-



*Roheisen nach der Verhüttung*  
und China. Eisen ist das weitaus wichtigste Gebrauchsmetall und China ist weltgrößter Produzent von Roheisen, das in Hochöfen aus Eisenerz und Koks (entgaste

frühzeitige Mengen von Eisenerzen gebildet. Hauptförderländer sind heute Brasilien, Australien

Kohle) hergestellt wird. In weiteren Schritten wandelt man dann das Roheisen in Stahl um. Ein Großteil geht in die Produktion von Autos, Schiffen und Schienen. Auch die Bautechnik braucht riesige Mengen von Stahl, etwa für Brücken und als festigende Einlagen im Beton (Stahlbeton).



*Hämatitmineral*

Das schwere graue Metall diente schon im Altertum zur Herstellung von

## BLEI

Geschossen, Gefäßen und Rohrleitungen, später auch zum Eindecken von Dächern. Heute werden aus Blei vor allem Autobatterien, Munition, Abschirmungen gegen ener-



*Bleimineral (Bleiglanz)*

gieiche Strahlungen sowie Kristallglas (Bleiglas) herstellt. Zudem nutzt es die chemische Industrie als widerstandsfähiges Material. Blei und seine chemischen Verbindungen sind sehr giftig und werden zunehmend durch ungiftige Stoffe ersetzt.



*Das Blei aus Autobatterien wird wiederverwertet.*

Metallisches Blei findet man in der Natur so gut wie nie, recht verbreitet aber sind Bleierzlagerstätten – vor allem die Blei-Schwefel-Verbindung Bleiglanz. Viele Bleierze enthalten geringe Mengen Silber und wurden früher vor allem deshalb abgebaut. Wichtigste Produzenten sind China, Australien und die USA.

## STAHLVEREDLER

Metalle wie Mangan, Chrom, Molybdän, Nickel, Kobalt, Titan, Vanadium und Wolfram verbessern als Zusatz zu Stahl dessen Eigenschaften. So kann man etwa rostfreie Stähle herstellen oder solche, die besonders hart, zäh, unmagnetisch oder gegen chemische Angriffe widerstandsfähig sind. Besonders Südafrika, China, Russland, Kanada und Australien besitzen zum Teil reiche Lagerstätten dieser Metallerze.

Das sehr schwere, giftige Metall wurde

## URAN

in den ersten Jahrzehnten nach seiner Entdeckung 1789 nur zum gelbgrün Färben von Gläsern genutzt. Erst 1896 entdeckte man die Radioaktivität. Heute wird es zur Herstellung von Atomwaffen und besonders als Energielieferant in Kernkraftwerken genutzt. Dafür eignet sich allerdings nur Uran einer bestimmten Atomsorte, die im natürlichen Uran nur in winzigen Mengen enthalten ist; es muss daher zunächst angereichert werden. In reiner Form kommt es in der Natur nicht vor. Wichtigstes Uranerz ist die tief-schwarze Pechblende, eine Uran-Sauerstoff-Verbindung. Abgebaut wird sie zurzeit vor allem in Kanada, Südafrika,

Russland und Australien, teils im Tagebau, teils in Bergwerken. Die radioaktiv strahlenden und giftigen Abfallprodukte sowie das aus Uranlagern austretende radioaktive Gas Radon stellen dabei erhebliche Probleme dar.

*Uranmetall*



Dieses relativ weiche Schwermetall ist

## ZINN

seit Jahrtausenden bekannt, denn es lässt sich leicht aus seinem häufigsten Erz, dem schwarzen und auffällig schweren Zinnstein, gewinnen. Mit Kupfer gemischt (legiert) ergibt es den Werkstoff Bronze.



Zinnmineral (Zinnstein)

Aus Zinn wurden auch Geschirr und Orgelpfeifen gefertigt. Heute wird es vor allem zur Herstellung von Weißblech, also mit einem dünnen Zinnbelag geschütztem Eisenblech, gebraucht – daraus entstehen Konservendosen. Hauptproduzenten sind China und Peru.



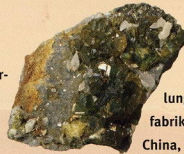
Silber-, Gold- und Bronzemedaille der Olympischen Sommerspiele in China

Messing, eine Legierung aus Zink und

## ZINK

Kupfer, war schon im Altertum bekannt und wurde aus Erzgemischen erzeugt. Reines Zink dagegen ist erst seit 1520 bekannt, denn das bläulich weiße Metall lässt sich nur schwer aus seinen Erzen gewinnen. Es kommt in der Natur vor allem in Verbindung mit Schwefel sowie als Galmei (Zinkcarbonat, also che-

misch verbunden mit Kohlenstoff und Sauerstoff) vor. Heute wird Zink vor allem als Überzug von Eisen genutzt: Das „Verzinken“ schützt das Eisen vor dem Rosten. Große Mengen Zink gehen in die Herstel-



Zinkmineral

lung von Messing sowie die Batteriefabrikation. Hauptlieferanten sind zurzeit China, Peru und Australien.



Klingelschild aus Messing



Zur weiteren Verwertung werden Zinkrollen hergestellt.

## CHEMIEUROHSTOFFE

Zahlreiche Bodenschätze veredelt die chemische Industrie zu wichtigen Produkten. So gelangt nur ein winziger Bruchteil der jährlich gewonnenen über 200 Millionen Tonnen Steinsalz in einen Salzstreuer. Der weitaus größte Teil wird chemisch umgesetzt, etwa bei der Herstellung von Waschmitteln, Kunststoffen, Aluminium, Glas, Leder, Papier, Watte oder Stahl.

Das leichte Metall ist eines der häufigsten

## ALUMINIUM

chemischen Elemente in der Erdkruste. Allerdings kommt es nur in chemischen Verbindungen vor (meist mit Sauerstoff als Tonerde) und lässt sich nur unter hohem Energieaufwand daraus gewinnen.

Wichtigstes Aluminiumerz ist Bauxit, der vor allem in Australien und Brasilien im Tagebau gefördert wird. Man erzeugt daraus das Aluminiummetall, indem man starken elektrischen Strom durch eine

Schmelze aus Aluminiumerzen

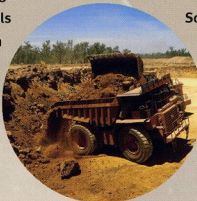
leitet. Aluminium hat nur ein Drittel der Dichte von Eisen und zählt deshalb zu den Leichtmetallen. Es findet



Alu-Felgen am Auto

vielfache Verwendung im Flugzeug- und Fahrzeugbau, zur Herstellung von Behältern und Folie (Alufolie) sowie von leichten Gegenständen und Gehäusen aller Art.

Aluminiumerz (Bauxit) wird meist im Tagebau gewonnen.



Diese Energieträger werden als „fossile

## TORF, KOHLE, ERDÖL, ERDGAS

Brennstoffe“ bezeichnet, denn sie sind schon vor Tausenden von Jahren bis Jahrmillionen entstanden. Torf entsteht in Mooren und wird nicht nur zum Heizen genutzt. Als Kultursubstrat im Garten, als heilendes Moorbad in der Medizin und sogar als natürlicher Rohstoff für Kissen, Bettdecken und



Braunkohle



Matratzen wird er verwendet. Braun- und Steinkohle werden vor al-



Steinkohle

Strom eingesetzt. Ein Teil der Steinkohle dient, zu Koks umgewandelt, zur Eisenherstellung. Weltweit verfügen zahlreiche Länder, auch Deutschland, über beträchtliche Kohlenvorräte. Erdöl ist eine zähflüssige, dunkle, stinkende Mischung aus über 17 000 Stoffen, die aus der Erdtiefe empor gepumpt und außer zur Energiegewinnung vor allem als Rohstoff für die

chemische Industrie genutzt wird. Die größten Vorkommen liegen im Nahen Osten. Erdgas kommt meist gemeinsam mit Erdöl vor. Es wird nach Reinigung als Brennstoff und als Chemierohstoff genutzt.



Torfabbau

Bei der Förderung ausgelaufenes Erdöl



Etwa 3 bis 5 Gramm Salz muss der

## SALZ

Mensch täglich zu sich nehmen, um gesund zu bleiben. Die weißen Kristalle machen Speisen wohlschmeckender und sind zudem seit Jahrtausenden unverzichtbar, um Fleisch und Fisch durch Einsalzen oder Pökeln haltbar zu machen. Ursprünglich wurde Salz durch Eindunsten lassen von Meerwasser oder aus salzhaltigen Mineralquellen gewonnen, aber schon vor etwa 2 800 Jahren in Hallstatt (Österreich) auch bergmännisch als „Steinsalz“ abge-

baut. Das „weiße Gold“ wurde dann von Salzhändlern in salzarme Gegenden getragen und mit hohem Gewinn verkauft. Viele Städte verdanken ihrem Salzvorkommen den Namen, etwa Salzburg, Salzgitter, Halle, Hallein, Schwäbisch Hall, Schweißerhalle. In ihnen verbirgt sich das keltische Wort für Salz, „hal“, oder das lateinische „sal“. Heute wird das meiste Salz in Salinen gewonnen. Nur ein Bruchteil davon geht in die



Steinsalz

Lebensmittelindustrie. Den weitaus größten Teil verbraucht die chemische Industrie. Bei der Entstehung der Salzlagerstätten bildeten sich nicht nur Kochsalz, sondern auch kalihaltige Salze (Kali- und Magnesiumminerale). Auch diese werden bergmännisch abgebaut und liefern den für die Landwirtschaft so wichtigen Mineraldünger, denn Pflanzen brauchen neben Wasser, Licht, Wärme und Luft auch Schwefel, Phosphat, Stickstoff, Kalium, Kalzium und Magnesium für ein gutes Wachstum.

Zu ihnen gehören die wohl teuren

## SCHMUCKSTEINE

ersten Bodenschätze unserer Erde. Ein Diamant bester Qualität kostet über 5 000-mal so viel wie die gleiche Menge Gold. Wegen ihrer Farben, ihrer Kristallform, ihrer Klarheit, ihrer Härte und ihrem Glanz haben sie seit alters her die Begehrlichkeit der Menschen geweckt. Schön kristallisierte Edelsteine sind besonders selten und



Smaragd

daher sehr wertvoll, zierten Herrscherkronen und füllten Schatzkammern. Viele dieser Schmucksteine bestehen aus eigentlich farblosen Stoffen. Der Grundstoff von Rubin und Saphir etwa ist die gleiche Aluminium-Sauerstoff-Verbindung, die in riesigen Mengen als Tonerde vorkommt. Und Bergkristall, Rauchquarz, Achat, Amethyst, Rosenquarz und Citrin sind alle Quarz, der Hauptbestandteil von Sand. Zum Edelstein werden solche Stoffe, wenn sie

große klare Kristalle bilden, was vergleichsweise selten geschieht. Die Farben stammen häufig von ganz geringen Beimischungen bestimmter Metalle wie Kupfer oder Eisen, Chrom oder Nickel, Kobalt oder Vanadium. Der Rubin etwa wird von winzigen Chromspuren rot gefärbt, während Mikro-Mengen von Eisen und einigen anderen Metallen den gleichen Grundstoff in einen blauen Saphir verwandeln.



Rohdiamant



Achat

# Entstehung von Bodenschätzen

## SEIFEN

Erzkörnchen, Edelsteine und Metallflitterchen sind meist schwerer als normale Steine oder Sandkörnchen. Werden sie durch Verwitterung aus Gesteinen herausgelöst und von Wasser oder Wind davongetragen, sammeln sie sich daher an bestimmten, geschützten Stellen. Solche Anreicherungen nennt man Seifen. Noch heute werden etwa Zinn, Diamanten und Gold aus Seifen gewonnen. Im deutschsprachigen Raum wird Goldwaschen als Hobby immer beliebter und es gibt sogar eine Europameisterschaft in dieser Disziplin. Eigentlich ist es ganz einfach: Man füllt etwas Kies mit Wasser auf einen Teller und entfernt durch Schwenken nach und nach das leichtere Material.



Goldwäscher in Venezuela (Südamerika): Wer zu schwach und alt ist, eigene Stollen zu graben, versucht Goldstaub aus dem Erdreich zu waschen.

## Wann spricht man von Lagerstätte, wann von Vorkommen?

Die Erde ist außerordentlich reich an Metallen, fossilen Brennstoffen und vielen anderen Bodenschätzen. Der Erdkern besteht fast vollständig aus metallischem Eisen und Nickel und enthält außerdem andere Metalle in gigantischen Mengen. Auch die Erdkruste, also die feste Außenschicht der Erde, ist reich gesegnet. Würde man aus ihr einen Würfel mit einem Kilometer Kantenlänge heraussägen, enthielte dieser zum Beispiel rund 130 Millionen Tonnen Eisen, 5 000 Tonnen Uran und 260 Tonnen Silber. Das Problem ist nur, dass all diese Schätze in der gewaltigen Menge an Gestein so gleichmäßig verteilt sind, dass sich die Gewinnung nicht lohnt.

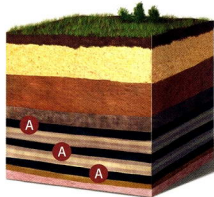
Zum Glück haben geologische Vorgänge nutzbare Minerale an manchen Stellen stark angereichert.

Man nennt solche Stellen Lagerstätten, soweit sich der Abbau wirtschaftlich lohnt – andernfalls spricht man von Vorkommen. So lohnt sich ein Abbau zum Beispiel erst dort, wo Eisen etwa auf das Zehnfache, Silber sogar auf das 5 000-fache konzentriert ist. Es hängt nicht zuletzt von den jeweiligen Weltmarktpreisen ab, ob ein Abbau wirtschaftlich sinnvoll ist – je höher die Preise, desto eher rechnet sich der Abbau ärmerer Fundstellen.

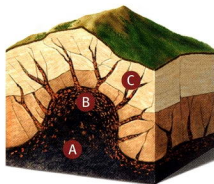
## Wie haben sich Kohle und Erdöl gebildet?

Erdöl, Erdgas und Kohle nennt man fossile Brennstoffe. Sie haben sich aus einstigen Lebewesen gebildet, die zu ihren Lebzeiten Sonnenenergie in ihren Körpern speicherten. Diese vor Jahrmillionen eingefangene und gebundene Energie nutzen wir heute. Steinkohle zum Beispiel ist ein Überbleibsel

Bei manchen Lagerstätten liegen mehrere Schichten des Bodenschatzes übereinander (A), von Zwischenschichten aus unergiebigem Nebengestein getrennt. Flöze aus Steinkohle findet man so vor. Durch spätere Erdbewegungen liegen sie oft nicht mehr eben, sondern schräg. Auch andere Bodenschätze wie beispielsweise Erze, die zuvor durch Verwitterung abgetragen und dann abgeschwemmt wurden, lagern sich in Schichten ab.



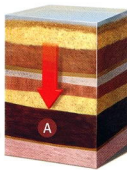
Erzlagerstätten (Kupfer, Zinn) findet man häufig in dieser Form: In einem flüssigen Gesteinskörper (A) haben sich Kupfer oder Zinn angereichert (B). Davon gehen gangartige Lagerstätten (hydrothermale Gänge) aus (C). In den Gängen findet man weiter unten Flussspat oder Zinn, weiter oben Erze wie Blei, Zink, Silber, Wismut oder Gold. Wenn das Gebirge durch Verwitterung abgetragen wird, gelangen die Erzgänge an die Oberfläche.



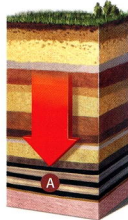
## SO ENTSTEHT KOHLE



Bäume und Pflanzen stürzen ins Wasser.



Sand und Erde lagern sich darüber ab. Pflanzenreste (A) geraten unter Luftabschluss und Druck.



Dieser Vorgang wiederholt sich, immer mehr Schichten (A) lagern sich ab. Der Druck auf diese Schichten wird größer, die Temperatur nimmt zu und Inkohlungsprozesse laufen ab.

von Sumpfwäldern, die vor rund 300 Millionen Jahren wuchsen. Immer wieder stürzten alte Bäume um und fielen ins Wasser. Dort wurde das Holz durch Wasser und Schlamm vom Luftsauerstoff abgetrennt und bildete so große Lager aus abgestorbenen Stämmen. Von Zeit zu Zeit hob sich das Land, und Flüsse transportierten Sand, der sich darauf ablagerte. Senkte sich der Boden erneut, wuchsen wieder Sumpfwälder. Rund 40 Millionen Jahre lang wiederholte sich dieses Spiel. Der Druck der aufliegenden Schichten und die Wärme der Tiefe veränderten das Holz chemisch, Wasser und Gase (auch Erdgas) wurden freigesetzt und Kohlenstoff reicherte sich dadurch an.

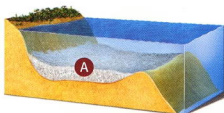
Bei dieser „Inkohlung“ bildete sich aus Torf zuerst Braunkohle, dann Steinkohle und schließlich Anthrazit, der aus fast reinem Kohlenstoff be-

steht. Zudem presste der Druck die einstigen Pflanzenschichten zu Kohleflözen zusammen.

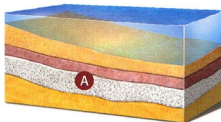
Auch die Braunkohle hat sich aus riesigen Wäldern gebildet, ist allerdings weit jünger als die Steinkohle – zwischen etwa 3 und 65 Millionen Jahren. Daher ist der Umwandlungsprozess noch nicht so weit gediehen und der Heizwert ist geringer.

Erdöl und Erdgas sind im Meer entstanden, und zwar durch Zersetzung abgestorbener Kleinlebewesen im Schlamm am Grund tiefer Meeresbecken. Das Erdöl blieb aber nicht am Ort, sondern wanderte in den Rissen und Klüften des Gesteins langsam nach oben – bis eine undurchlässige Gesteinsschicht den weiteren Weg versperrte. In den Gesteinsporen solcher Ölfallen sammelten sich im Laufe der Jahrmillionen viele Milliarden Tonnen Öl und Erdgas an.

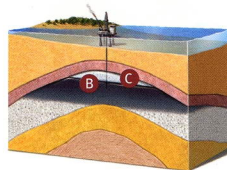
## SO ENTSTEHT ERDÖL



Abgestorbenes Plankton (A) bestehend aus Algen und Krebschen sinkt zum Meeresboden.

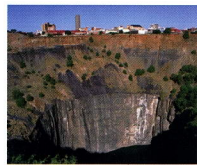


Große Mengen dieses Planktons (A) werden durch Sand und Schlamm unter Sauerstoffabschluss zugedeckt.

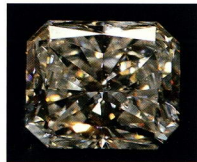


Unter Druck wandeln sich die organischen Stoffe in Erdöl um, das durch poröses Gestein nach oben wandert (B), bis es auf undurchlässiges Gestein stößt. Über dem Erdöl sammelt sich Erdgas (C) an.

**DIAMANTEN** entstanden vor Jahrmillionen in Tiefen von etwa 150 Kilometern. Dort kristallisierte bei einer Hitze von über 1 200 Grad Celsius und immensen Druck Kohlenstoff als Diamant. Vulkanausbrüche trugen sie an die Oberfläche. In Kimberley (Südafrika) werden sie aus alten Vulkanschloten gefördert. Dabei ist schon früher der größte Tagebau entstanden: Eine Grube von fast 500 Metern Durchmesser, die einst über 1 000 Meter tief war. Sie ist seit 1914 ein Museum und zum Teil wassergefüllt.



Big Hole, das riesige Loch einer Diamantengrube



Geschliffener Diamant

### Woher stammen unsere Salzlager?

Salz gehört zu den Schätzen unserer Erde, die in nahezu unbegrenzten Mengen vorhanden sind. Allein die Meere enthalten

etwa 40 Billiarden (40 Millionen Milliarden) Tonnen. Diese Menge würde ausreichen, den gesamten Globus mit einem 36 Meter dicken Kristallmantel zu überziehen. Es gibt aber auch gewaltige unterirdische Salzlagerstätten in vielen Teilen der Welt, in Deutschland zum Beispiel bei Lüneburg und Gorleben, im nieder-rheinischen Becken bei Wesel, bei Halle an der Saale, in Schwäbisch Hall und in Berchtesgaden. Sie bestehen alle aus Meersalz.

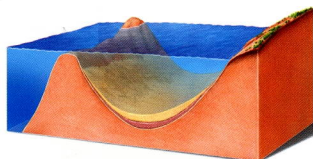
Vor vielen Millionen Jahren war das Erdklima viel wärmer als heute. Es kam vor, dass durch eine Landhebung eine große Meeresbucht vom Ozean abgetrennt wurde. Dort verdunstete

nach und nach das Wasser und die darin gelösten Stoffe schieden sich ab, zuerst Kalk und Gips, dann Steinsalz (Kochsalz) und am Ende noch Kalisalze. Staubstürme deckten das abgelagerte Salz dann zu.

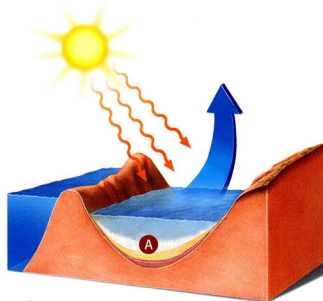
Im Laufe der Jahrtausende kam es immer wieder zu Landhebungen und Absenkungen – die Erdoberfläche ist ständig in Bewegung. Dadurch füllte sich die Bucht zwischendurch immer wieder mit neuem Meerwasser und der Verdunstungsprozess begann wieder von Neuem.

Schließlich entstanden Salzlager von vielen hundert Metern Mächtigkeit. Sie liegen heute bis zu 1 500 Meter unter dicken Erdschichten, die sie vor der lösenden Wirkung des Regenwassers bewahren. Gelegentlich allerdings fließen doch Grundwasserströme durch näher zur Oberfläche gelegene Salzlager, dann sprudeln salzhaltige Quellen zutage.

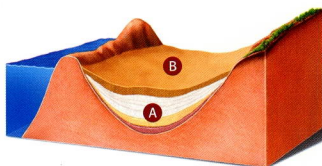
### SO ENTSTEHEN SALZLAGERUNGEN



Meerwasser sammelt sich in einer abgetrennten Bucht.



Unter dem Einfluss der Sonne verdunstet das Meerwasser. Dabei kristallisiert das Salz aus **A**. Im weiteren Verlauf wird immer wieder Meerwasser, zum Beispiel durch einen Anstieg des Meeresspiegels, eingespült, das auch verdunstet.



Mächtige Salzlager **A** entstehen. Der Wind bedeckt sie mit Erdschichten **B**. Sind diese wasserundurchlässig, bleibt das Salz in fester Form erhalten.

## Wie formten sich Erzgänge und -lagerstätten?

Sehr viele Erzlagerstätten verdanken wir dem Zusammenspiel von Wärme und Wasser. Die Wärme stammt von dem Magma (glutflüssiges Gestein), das an manchen Stellen aus der Tiefe aufsteigt. Das geschieht oft im Zusammenhang mit der Gebirgsbildung, weshalb viele Gebirge große Erzlagerstätten enthalten. Magma ist zudem reich an Mineralien jeder Art. Wenn Grundwasser, das in der Tiefe fließt, in die Nähe des heißen Gesteins kommt, erhitzt es sich. Wegen des enormen Drucks in der Erdtiefe siedet Wasser dort nicht bei 100 Grad Celsius, sondern erst bei viel höheren Temperaturen. Es kann sich also sehr stark aufheizen und löst in diesem Zustand zahlreiche Mineralien aus dem Gestein heraus. Man nennt solches mineralreiches Heißwasser eine „hydrothermale Lösung“. Sie sickert

nun im Gestein nach oben und nutzt dabei die teils meterdicken Spalten und Risse, die von der Gebirgsaufaltung stammen.

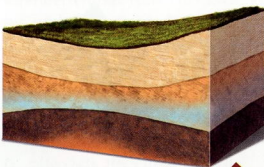
Je weiter das Wasser zur Erdoberfläche kommt, desto mehr kühlt es sich ab. Mit abnehmender Temperatur sinkt aber auch seine Lösefähigkeit. Die Folge: Die gelösten Stoffe scheiden sich an den Wänden der Gänge ab, ähnlich wie Salz aus einer eintrocknenden Salzlösung auskristallisiert. Zuerst setzen sich die am schlechtesten löslichen Stoffe ab, dann nach und nach auch die leichter löslichen. Dadurch trennt das Wasser die Mineralien voneinander und reichert sie in den Gängen an, bis diese schließlich vollständig ausgefüllt und verschlossen sind.

Mitunter ist das Wasser auch in poröses Gestein mit vielen feinen Rissen eingedrungen. In solchen Lagerstätten ist das Erz dann fein im Gestein verteilt. Viele große Kupfererzlager haben sich so gebildet.

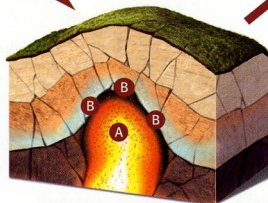
## ÜBERLEBENSKÜNSTLER

Es gibt Bakterien, die sich ähnlich wie Pflanzen verhalten. Grüne Pflanzen stellen mithilfe der Sonnenenergie aus Kohlendioxid und Wasser organische Verbindungen und Sauerstoff her. Unter den Bakterien gibt es nun Gruppen, die als Energiequelle energiereiche anorganische Verbindungen wie Schwefelwasserstoff, Schwefel oder Ammoniak nutzen. Zusammen mit Kohlendioxid stellen sie dann organische Verbindungen her. Im Falle der Schwarzen Raucher (siehe Seite 15) ernähren sich Würmer und andere Organismen wiederum von den Bakterien oder den von ihnen hergestellten Stoffen.

## SO ENTSTEHEN ERZE



Tief im Untergrund der Erdkruste ist das Gestein schmelzflüssig (Magma). Durch sogenannte geotektonische Bewegungen können sich Magma-Blasen abtrennen.



Kommt diese Magma-Blase **A** in Berührung mit wasserhaltigen Gesteinen **B**, werden diese an- und aufgelöst und mit nach oben transportiert. Die Magma-Blase wird jetzt als Pluton bezeichnet. In ihm reichern sich leichte, Gestein bildende Elemente wie Aluminium und Silizium an, aber auch Erz bildende Schwermetalle.



Durch das Aufsteigen erkaltet der Pluton **C** langsam und in die Gesteinsritzen und -klüfte **D** dringen Lösungen ein. Dort scheiden sich entsprechend ihrer Löslichkeit Kristalle ab. Auch die Erzminerale reichern sich an, zum Beispiel Kupfer im Pluton und in den Gängen zuerst Zinn, Wismut oder Flussspat, bei weiterem Erkalten Blei, Zink oder Silber.

Schon seit Jahren verbraucht die Weltwirtschaft solche ungeheure Mengen an Bodenschätzen, dass die im Moment bekannten Vorräte bestimmter Bodenschätze in einigen Jahrzehnten erschöpft sein werden. Es gibt jedoch zahlreiche Gründe, warum wir keine Angst vor einer baldigen Rohstoffknappheit haben müssen. So wird viel Metall nach Gebrauch wiederverwertet. Außerdem spüren verbesserte Suchtechniken immer neue Lagerstätten auf. Die Tiefsee stellt eine Schatzkammer für Erze dar. Auch die jungen Erzvorkommen an den unterseeischen Heißwasserquellen bilden einen immensen Vorrat. Hinzu kommt, dass es viele Erzvorkommen gibt, deren Metallgehalt zurzeit keinen wirtschaftlichen Abbau gestattet. Wird aber ein Rohstoff knapper, steigt automatisch der Preis, und dann beginnt auch bei weniger ergiebigen Lagerstätten der Abbau. Ähnlich ist es bei Erdöl. Zwar gehen die leicht auszubehutenden Vorräte in einigen Jahren zu Ende, aber eine vielfach größere Menge steckt noch in der Erde. Auch die Kernkraft,

die in mehreren Ländern wieder ausgebaut wird, hat langfristig keine Rohstoff Sorgen: Uran ist in sehr großen Mengen vorhanden und der Rohstoffpreis spielt fast keine Rolle im Vergleich zu den anderen Kosten.

Zudem werden immer wieder zu teure Rohstoffe durch bessere Ideen überflüssig – seit dem Siegeszug der Digitalkameras zum Beispiel ist der Bedarf an Silber kräftig gesunken.



*An manchen Stellen findet man unter dem Meeresboden Erdöl und Erdgas.*

Die Erde sorgt ständig für einen neuen Mineralien nachschub, und vor allem Vulkane spielen dabei eine wichtige Rolle. An zahlreichen Vulkanspalten kommt mit Metallen angereichertes Wasser aus dem Meeresboden.

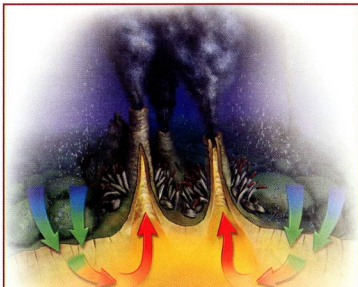
### Entstehen auch heute noch Erzlager?

Das Meerwasser sickert wieder ein und heizt sich am glühenden Tiefengestein auf. Dabei werden Mineralien und die in Vulkanen allgegenwärtigen Schwefelgase gelöst. An anderen Stellen tritt dieses Wasser wieder aus. Tieftauchboote

haben solche Austritte an vielen Orten entdeckt. Es sind gewaltige Gebilde, die an Schornsteine erinnern. Sie werden Schwarze Raucher genannt.

Die schwarze Farbe des herausquellenden heißen Wassers stammt von feinen Teilchen schwefelhaltiger Erze, die Eisen, Kupfer, Silber, Gold und viele andere Metalle enthalten und sich in weitem Umkreis am Meeresgrund ablagern. So bilden sich weitläufige und mächtige Erzschlämme.

Natürlich geschah dies auch in früheren Zeiten. Viele bekannte Erzlagerstätten sind auf diese Weise am Meeresgrund entstanden. Spätere Hebungen des Bodens durch erdinner Kräfte machte sie dann zu Lagerstätten auf dem Festland.



*Das aus den Schwarzen Rauchern austretende bis zu 300 Grad Celsius heiße Meerwasser enthält neben Mineralstoffen Schwefelverbindungen. Davon ernähren sich bestimmte Bakterien, sodass dort Lebensgemeinschaften aus Bakterien, Röhrenwürmern, Spinnenkrabben, Bartwürmern und Krebsen entstehen können.*

# Die Suche nach Bodenschätzen

## Wie fand man früher Bodenschätze?

Die ersten Funde von Bodenschätzen bestanden vermutlich im zufälligen Aufsummern von Metallklumpen oder bunten Steinen. Aber als man deren Nützlichkeit entdeckt hatte, folgte eine gezielte Suche. Sie war vermutlich gar nicht so schwer: An vielen Stellen traten als Folge der Erdbewegungen und Verwitterung Adern oder Gänge von Bodenschätzen zutage. Man brauchte an diesen sogenannten Ausbissen nur in die Tiefe zu graben.

Mit der Zeit bekamen die Erzsucher einen Blick für Erzvorkommen. Diese machen sich zum Beispiel durch Veränderungen in der Gesteinsfärbung bemerkbar. Auch die Pflanzenwelt reagiert darauf: Viele Pflanzen vertragen einen hohen Metallgehalt im Boden nicht, andere dafür wachsen gerade an solchen Stellen – etwa das gelbe Galmei-Veilchen und die weiße Galmei-Frühlings-Miere.

Mit der Zeit wurde die Prospekti-on, also die gezielte Suche nach Lagerstätten, zu einem Beruf. Ursprünglich standen den durchs Land streifenden Prospektoren nur ihre Erfahrung, ihre Beobachtungsgabe und ihr geologisches Wissen zur Verfügung.

Heute arbeiten Spezialisten wie Geologen und Geophysiker zusammen und nutzen modernste wissenschaftliche Methoden, um neue Vorkommen etwa von Erdöl, Kohle, Erzen oder Grundwasser aufzuspüren, zu „explorieren“. Computer rechnen dann die vielen Messdaten, die fast jede dieser Methoden bei großflächigem Einsatz liefert, in Bilder und Diagramme um: Sie stellen sozusagen Röntgenbilder aus der Tiefe dar. Ist ein Vorkommen entdeckt, wird es vor Ort erkundet. Bohrungen, in denen fast immer auch Messgeräte zur Datenaufnahme an manchmal kilometerlangen Kabeln auf- und abgefahren werden, und Laboranalysen geben Auskunft über

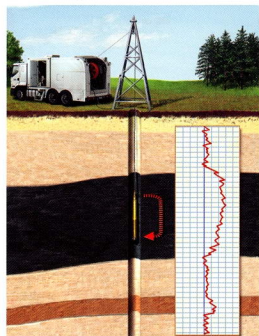
## SCHWERMETALL TOLERIERENDE ARTEN

Liegen Zinkerze (Galmei) nahe der Oberfläche, ist der Boden stark mit Schwermetall belastet. Für die meisten Pflanzenarten sind diese Plätze stark giftig. Einige Arten wie zum Beispiel das Galmeiveilchen haben eine hohe Toleranz gegen Schwermetalle ausgebildet und besetzen ohne große Konkurrenz diese ökologische Nische.

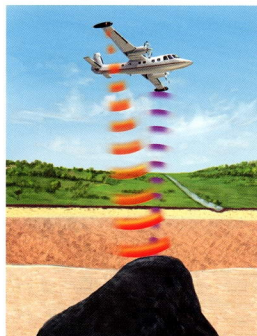


Ein Veilchen in Gelb, das Galmeiveilchen

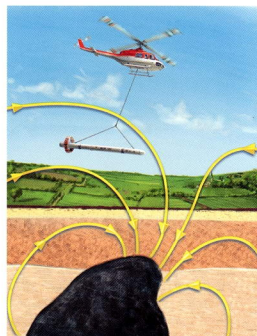
Bohrlochmessungen sind viel genauer als Messungen über der Erde.

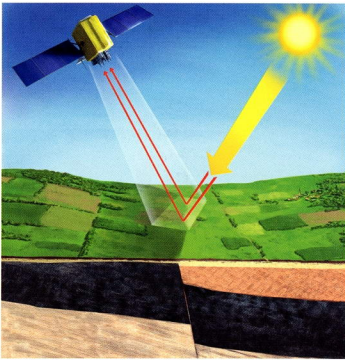


Fernerkundung (Airborne-Methode) vom Flugzeug aus

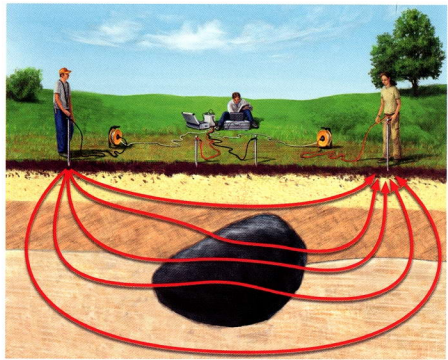


Auch Hubschrauber mit Sonden sind bei der Airborne-Methode im Einsatz.





Unterschiedliche geologische Strukturen geben, nachdem sie das Sonnenlicht absorbiert haben, unterschiedliche Strahlung wieder ab.



Erzkörper und andere Lagerstätten verändern die elektrische Leitfähigkeit des Bodens. Geophysiker spüren diesen Veränderungen nach.

## AIRBORNE-METHODE

Bei der sogenannten Airborne-Methode hat das Flugzeug an einer der Tragflächen einen Sender, an der anderen einen Empfänger. Hubschrauber ziehen meist eine Sonde hinter sich her. So sind Radar- oder geoelektrische Messungen möglich. Auch Magnetik-Messungen kann man aus der Luft durchführen.

## GEOPHYSIK

Die Geophysik ist die Wissenschaft, die sich mit der Untersuchung der natürlichen Erscheinungen auf der Erde, in ihrem Inneren wie auch dem erdnahen interplanetaren Raum befasst. Dazu gehört die Erforschung von Einflüssen anderer Himmelskörper wie Sonne und Mond auf die Erde und die sie umgebende Materie. Neben Seismik, Erdbeben, Naturgefahren und Erdwärme gehört auch die Rohstoffexploration zu ihren Schwerpunkten.

die Qualität. Nur wenn der Abbau wirtschaftlichen Erfolg verspricht, entstehen Bergwerke oder Tagebaue, Aufbereitungsanlagen sowie, wenn nötig, Kraftwerke und Transportwege. Im Folgenden werden einige dieser Methoden vorgestellt.

In großem Maße werden heute

### Was verstehen wir unter Fernerkundung?

Satelliten und Erkundungsflugzeuge (Airborne-Methode) zur Suche herangezogen. Sie fotografieren die Erdoberfläche in sichtbarem Licht und in Bereichen, die unser Auge nicht wahrnimmt. In Erkundungsflugzeugen werden auch Messapparate mitgeführt.

Bilder und Messdiagramme geben Hinweise auf den geologischen Bau der Region und die Art des Gesteins und zeigen mitunter Vorkommen von Erzen, Grundwasser oder anderen Bodenschätzen an. In der Regel geben die Messungen nur

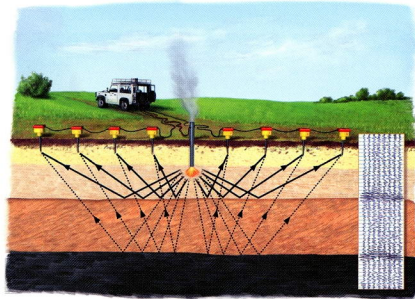
Hinweise auf sogenannte hoffige geologische Strukturen, also auf solche, bei denen aufgrund der Messdaten die Hoffnung besteht, fündig zu werden.

Es gibt in der Erde eine Vielzahl

### Wie funktioniert die Geoelektrik?

elektrischer Erscheinungen, die man zur Ortung und Erkundung von Erzkörpern und anderen Lagerstätten, vor allem auch von Trinkwasser, Mineral- und Thermalwasser nutzen kann. Man schickt zum Beispiel künstliche Ströme zwischen jeweils zwei weit voneinander entfernten Punkten aus durch den Boden.

Lagerstätten leiten den Strom je nach Art besser (Erze) oder schlechter (Sande) als das umgebende Gestein und machen sich so bemerkbar. Die elektrische Leitfähigkeit lässt sich mit speziellen Geräten sogar aus der Luft messen.



Seismik-Messungen nutzen natürliche und künstlich erzeugte Erdbebenwellen.

### Nutzt die Seismik Erdbebenwellen?

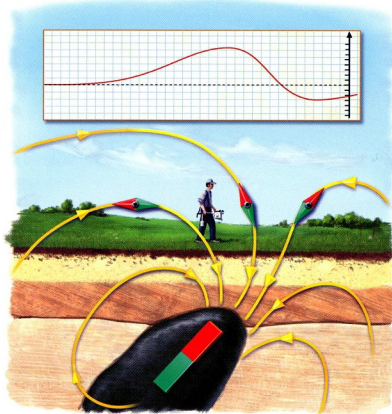
Durch kleine Sprengungen künstlich erzeugte Erdbebenwellen erlauben sehr kleinräumige Untersuchungen des Untergrunds. Sie werden an bestimmten Gesteinsschichten verschieden stark abgelenkt. Geophone empfangen das Signal und Seismometer zeichnen es dann auf. Wie bei den Schwerkraftmessungen „sehen“ wir aufgrund der Messungen nicht das Erdöl selbst, sondern die geologischen Strukturen, die „höffig“ für eine Lagerstätte sind.

### Was misst man bei der Magnetik?

Eisenerze sind oft magnetisch, wirken also auf eine Kompassnadel. Früher wurden zum Aufsuchen von Lagerstätten besondere Kompassse entwickelt, deren Nadel sich um eine horizontale Achse bewegte. Diese Geräte waren hochempfindlich – sie reagieren auf eine Stecknadel in einem halben Meter Abstand. Moderne elektronische Magnetik-Messgeräte sind noch sehr empfindlicher. Sie werden sogar aus der Luft eingesetzt.

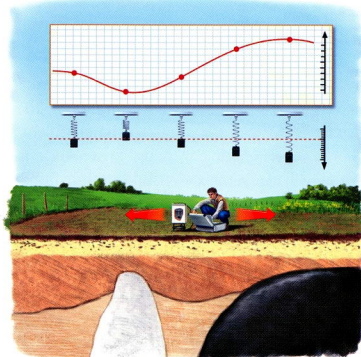
### Wie funktioniert die Schwerkraftmessung?

Erze sind viel schwerer als das sie umgebende Gestein. Das bedeutet, dass die Schwerkraft über einer Erzlagerstätte geringfügig größer ist als normal, über einem Salzstock oder einem Braunkohlevorkommen dagegen kleiner. Erdöl ist mit Schwerkraftmessungen nicht direkt nachweisbar, aber geologische Strukturen, mit denen dieser Bodenschatz zusammen vorkommt. Die Unterschiede in der Schwerkraft sind zwar sehr gering, lassen sich aber mit empfindlichen Geräten anzeigen. Ein dichtes Netz von Messpunkten kann dann die Lage und Größe der Lagerstätte anzeigen.

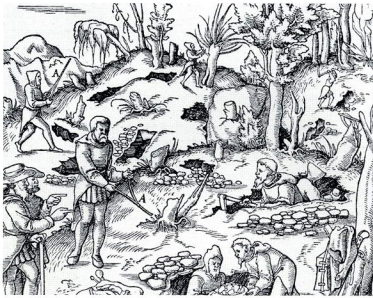


Magnetik-Messungen spüren Erzvorkommen aufgrund ihrer magnetischen Eigenschaften auf.

Die Unterschiede in der Schwerkraft werden mit sehr empfindlichen Geräten festgestellt.



Im 16. Jahrhundert verließ man sich bei der Suche nach Bodenschätzen auch auf die Hilfe von Wünschelrutengängern. In dieser Abbildung sind das die Männer mit den gabelförmigen Stöcken „A“.



### SUCHE MIT DER WÜNSCHELRUTE

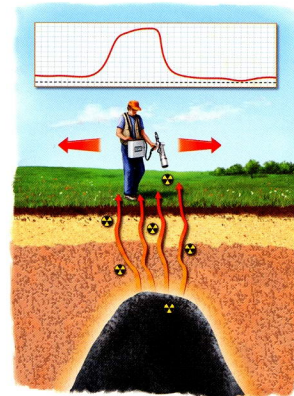
Manche Menschen schwören auf die Erz- oder Wassersuche mithilfe von Wünschelruten. Das sind gabelförmige Gebilde zum Beispiel aus Haselholz. Allerdings hieß es schon im Mittelalter abschätzig „Rutengang – Bauernfang“. Und tatsächlich haben bis heute genaue Untersuchungen und wissenschaftlich kontrollierte (und damit fälschungssichere) Eignungstests mit verschiedenen Rutengängern keinerlei Nachweis erbracht, dass die Methode funktioniert – selbst dann nicht, wenn für eine erfolgreiche Vorführung hohe Geldpreise ausgesetzt waren.

Links: Das Gas Radon dringt durch Gesteinsspalten und kann Lagerstätten aus Uran anzeigen.

Rechts: Sender und Empfänger für Radarwellen sitzen in einem Gerät, das so groß ist wie ein Rasenmäher.

### Wie nutzt man Radarwellen zur Erkundung?

Radarwellen, wie sie zum Beispiel zur Ortung in der Schifffahrt verwendet werden, können bis zu zehn Metern in den Boden eindringen. Erzkörper, Hohlräume, Rohre oder Grundwasservorkommen reflektieren die Wellen unterschiedlich stark und lassen sich so orten. Weil Radarwellen Eis gut durchdringen, konnte man durch Radarmessungen aus der Luft sogar den Felsboden unter dem antarktischen Eispanzer kartieren.



### Werden auch Strahlungsmessungen eingesetzt?

Messgeräte für radioaktive Strahlung nutzt man zum Aufspüren etwa von Uranvorkommen. Allerdings geht es weniger um die Strahlung des Urans selbst, die durch das darüber liegende Gestein sehr stark abgeschirmt wird. Uran bildet ein radioaktives Gas, das Radon, das durch Gesteinsrisse an die Oberfläche steigt. Weil auch Kalisalze und Braunkohle von Natur aus geringfügig radioaktiv sind, kann man diese Methode selbst bei diesen Bodenschätzen einsetzen.

### Warum ist die Geothermie eine wichtige Methode?

Die Messung der Temperatur an der Erdoberfläche oder in Bohrungen kann Hinweise auf Gesteinsänderungen und Bewegungen des Grundwassers aufzeigen. Solche Messungen mit elektronischen Thermometern oder mit Infrarotmessgeräten sind vielfach nützlich bei der Grundwasserexploration und bei den zunehmenden Anstrengungen, die Erdwärme als „Bodenschatz“ für Heizung und Energiegewinnung zu nutzen.



# Vom Erz zum Metall

## Wann hat der Mensch erstmals Metalle verwendet?

Unsere frühen Vorfahren gingen sicher mit offenen Augen durch die Welt und entdeckten bei ihren Streifzügen so manches Unge-  
wöhnliche, zum Beispiel Gold in Form gelb glänzender, auffällig schwerer Bröckchen in einem Bachbett. Auch metallisches Meteoriten, aus dem sich etwa Pflüge, Beile und andere Werkzeuge herstellen ließen, wurde aufgesammelt. Rotes, gediegenes Kupfer, das man zu Werkzeugen hämmern oder schmelzen und zu Nadeln, Ringen oder Werkzeugen verarbeiten konnte, war sicherlich begehrt. Ötzi, der Mann aus dem Eis, besaß bereits vor 5 300 Jahren ein Beil aus gegossenem Kupfer.

Nach diesen ersten Begegnungen mit Metallen dauerte es noch viele Jahrtausende, bis man lernte, sie aus Erzen zu erzeugen. Bei diesem Verhüttung genannten Verfahren mag die seit über 10 000 Jahren bekannte Töpferei Pate gestanden haben, denn die Töpfer hatten bereits Erfahrungen mit Öfen und Veränderungen von Stoffen durch Hitze gesammelt. Das erste so erzeugte Metall war wohl Kupfer, denn die blaugrünen Kupfererze sind besonders auffällig. Man konnte sie an vielen Stellen einfach auflesen. Vermischt mit Holzkohle, verwandeln sie sich beim Erhitzen in einem Töpferofen in Tröpfchen aus Kupfermetall.

Vor knapp 5 000 Jahren fanden Kupferschmiede im Nahen Osten heraus, dass eine Mischung von Kupfererz mit anderen Erzen, besonders Zinnerz, ein noch viel härteres Material ergibt, die Bronze. Aus dieser

Metallmischung (Legierung) von etwa 90 Prozent Kupfer und 10 Prozent Zinn konnte man Waffen und Werkzeuge herstellen, die denen aus Kupfer weit überlegen waren. Zudem ließ sich mit den begehrten Bronzebarren erstmals wirklicher Reichtum anhäufen. Das führte in vielen Hochkulturen zu bedeutenden Umwälzungen und zum Entstehen einer reichen und mächtigen Adelsschicht, die sich riesige Paläste baute – etwa im griechischen Mykene, auf Kreta und in Troja.

Damals muss auch schon ein schwunghafter Handel mit Metall oder Erz bestanden haben, denn Kupfer und Zinn kommen nur in wenigen Regionen gleichzeitig vor.

Die zunehmende Nachfrage nach Bronze führte zu einem hohen Bedarf an Kupfer und förderte dadurch die Bergbaukunst.

Die damaligen Bergleute gruben bereits Schächte und Stollen ins Gestein. Um sich unnötige Arbeit zu sparen, folgten sie möglichst den Erzadern und machten die Stollen nur so groß wie unbedingt erforderlich. Daher mussten sie meist im Liegen arbeiten – Tag für Tag viele Stunden lang, beim unsicheren Licht von Fackeln.



Die Werkzeuge von Ötzi, dem Mann aus dem Eis: Kupferaxt, Pfeilspitzen und ein Steinmesser





Erz, das zuvor aus dem Boden gebrochen wurde, wird geröstet (Austreiben des Schwefels), zerkleinert und dann abwechselnd mit Holzkohle in den Schmelzofen gegeben. Um die notwendige Hitze zu erreichen, bläst man Luft in den Ofen. Die ausgeschmolzene sogenannte Luppe wird immer wieder erneut erhitzt und Verunreinigungen werden durch Hämmer ausgetrieben. Der Rest ist schmiedefähiges Metall.



Das Feuersetzen war eine übliche Methode Erze abzubauen.

Anfangs nutzten sie wohl Steinwerkzeuge, später dann Meißel (Eisen) und Hammer (Schlägel) aus Bronze. Wo genügend Holz zur Verfügung stand, bedienten sie sich der Methode des Feuersetzens: Sie schichteten vor der Abbaustelle im Stollen große Mengen Holz auf und entzündeten es. Das kräftig erhitze Gestein schreckten sie dann durch Wassergüsse ab und machten es durch diesen plötzlichen Temperaturwechsel mürbe und brüchig. Das Erz trugen sie in

Körben oder Säcken hinaus und in die Grube gelaufenes Regenwasser mussten sie mühsam mit Eimern ausschöpfen.

Irgendwann wurden die gut zugänglichen und leicht zu verarbeitenden Kupfer-Sauerstoff-Erze knapp. Vermutlich durch Herumprobieren hatten die bronzezeitlichen Verhüttungsexperten entdeckt, dass man die viel häufigeren Kupfer-Schwefel-Erze (Kupferkiese) zunächst an offener Luft kräftig erhitzen muss. Bei diesem „Rösten“ entweicht Schwefel als giftiges, stechend riechendes Schwefeldioxidgas. Ein komplizierter Schmelzprozess, bei dem es auf jeden Schritt zur richtigen Zeit ankam, ergab dann das begehrte Kupfermetall. Wir können die Leistung der damaligen Fachleute nur bewundern.

Die Bronzezeit ging in Europa vor etwa 2 700 Jahren zu Ende. Denn mittlerweile hatte man ein noch besseres Material gefunden, das Eisen. Eisen-Sauerstoff-Erze kommen viel häufiger vor als Kupfer- oder Zinnerze und sind dank ihrer braunschwarzen Farbe leicht zu erkennen. Allerdings ist das graue Metall weit

### Warum löste Eisen die Bronze ab?



Bronze ist härter als Kupfer und eignet sich noch besser für Waffen, Helme und andere Gebrauchsgegenstände.



Werkzeuge aus Kupfer wie hier die Köpfe einer Axt und eines Hammers waren ein riesen großer Fortschritt gegenüber den Werkzeugen aus Stein.



Die Himmelsscheibe von Nebra (Sachsen-Anhalt) ist die älteste bekannte Darstellung des Kosmos mit Sonne, Mond und Sternen. Sie ist etwa 2 000 Jahre alt. Untersuchungen zeigten, dass das Kupfererz zur Herstellung der Bronzescheibe aus Mitterberg stammt.

### MITTERBERG

Am Mitterberg bei Salzburg betrieben Bergleute vom Volksstamm der Illyrer in der Bronzezeit ein großes Kupferbergwerk. Dort hat man Reste von über 200 Schmelzöfen gefunden. Mehr als 150 Arbeiter waren dort beschäftigt, das Erz abzubauen und aufzubereiten und daraus täglich etwa 300 Kilogramm Kupfer zu erzeugen. Dazu verbrauchten sie pro Tag rund 20 Kubikmeter Holz!

## GRIECHISCHES SILBER UND EUROPÄISCHE KULTUR

Das heutige Europa sähe ohne den Bergbau der Athener vor 2 500 Jahren völlig anders aus. Athens Einfluss unter den griechischen Stadtstaaten gründete sich auf den Besitz und die Ausbeutung der silberreichen Bleiminen im östlich von Athen gelegenen Laurion-Gebirge. Dank seines Silbers stieg Athen zur Wirtschaftsmacht auf, schuf gewaltige Prachtbauten (Akropolis), unterhielt Philosophen und Künstler und baute Kriegsschiffe, die um 480 v. Chr. bei Salamis die anrückende Flotte des Perserreichs vernichteten. Damals stand das Schicksal des Abendlandes auf der Kippe: Ohne das Silber aus Laurion und den Sieg der Griechen hätten wir uns vermutlich weit stärker nach Vorderasien orientiert und die Antike mit all ihren geistigen Errungenschaften und unsere Kultur hätte es so nie gegeben.



Die Athener prägten aus dem gewonnenen Silber die damals führende Währung, die Drachme. Sie trägt eine Eule, das Symbol der Göttin Athene.

schwieriger zu gewinnen und zu bearbeiten. Es darf nur einen geringen Gehalt an Kohlenstoff haben und man muss es härten. Schmiede waren daher hoch angesehen und hatten immer etwas Geheimnisumwittertes: Sie trotzten Feuer und Funkenflug und verwandelten graues Gestein in blitzendes Metall.

Sogenannte Rennöfen lieferten das erste brauchbare Eisen, aus dem sich sehr gute Waffen und Werkzeuge herstellen ließen. Zahlreiche Kriege und Eroberungszüge mit gewaltigen Heeren und großen Flotten waren die Folge. Riesige Reiche gingen unter, neue entstanden. Der Eisenbedarf wuchs rasch und verdrängte den Werkstoff Bronze. Deshalb stößt man in fast allen Ländern Europas und des Nahen Ostens auf Eisenerz-Bergwerke aus jener Zeit. In Deutschland findet man Eisenerze unter anderem im Lahn-Dill-Gebiet, in der Eifel, im Harz und



Rennöfen wurden meist aus einer Grube hochgemauert. Erz und Holzkohle wurden in Schichten eingefüllt. Durch Öffnungen blies man Luft ein und die Temperatur stieg auf über 1000 Grad Celsius. Die glutfüssige Schlacke ließ man zur Seite in eine Herdgrube ablaufen („rennen“) und entnahm dann die Luppe. Diese muss durch Erhitzen und Hämmern gereinigt werden. Das so gewonnene Metall konnte man jetzt schmieden.

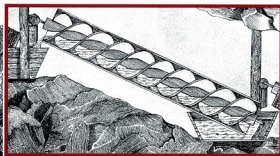


Römische Axt für Schanzarbeiten und anderes Werkzeug aus Eisen (9 n. Chr.)

im Thüringer Wald. In Österreich ist der steirische Eisenerzberg berühmt.

Der Verhüttungsprozess wurde mehr und mehr verbessert und eiserne Geräte wurden bald auch für ärmere Menschen erschwinglich. Eiserne Beile halfen fortan beim Roden der mitteleuropäischen Wälder, eiserne Nägel hielten die Planken auch größerer Schiffe zusammen, Hufeisen schonten die Hufe der Pferde. Es gab praktisch keinen Berufszweig, der nicht vom Einzug des Eisens profitierte.





*Im Schein von Öllämpchen drehten Sklaven mit bloßer Körperkraft die sogenannten Archimedisches Schrauben. So wurde das Wasser aus den Stollen Stück um Stück hochtransportiert.*

### Wie verbesserten die Römer die Bergbautechnik?

Sklaven waren die wichtigsten Arbeitskräfte in den Bergwerken. Ihnen verdankt das Römische Reich, dessen Blütezeit um 100 n. Chr., also vor etwa 2000 Jahren war, im Wesentlichen seine Macht. Wo immer sich in den eroberten Ländern Gruben fanden, wurden sie übernommen und möglichst ausgebaut.

Die Schächte römischer Bergwerke erreichten oft mehrere Hundert Meter Tiefe. Das Streckennetz des Römerbergwerks von Wiesloch bei Heidelberg hatte sogar einige Kilometer Gesamtlänge. Meist waren die Schächte so eng, dass die Sklaven darin liegend im Schein ihrer kleinen Öllämpchen arbeiten mussten.

Weil der Abbau so mühsam war, ließ man das erzarme Nebengestein möglichst stehen. Als Werkzeuge mussten Hammer (Schlägel) und Meißel (Eisen) genügen. Soweit größere Stollen durch weiches Gestein führten, wurden sie mit Holzbohlen ausgekleidet und abgestützt, biswei-

len sogar ausgemauert. Das herausgebrochene Erz schafften Träger mühsam in kleinen Körben aus den engen Gängen. Andere Sklaven füllten es in größere Behälter, die an Seilen zur Oberfläche gezogen wurden – teils mithilfe von Winden, teils auch schon mit speziellen Fördermaschinen. Sie wurden mittels Tretscheibe angetrieben: Sklaven mussten auf einer Holzscheibe im Kreis wandern und durch ihre Körperkraft die Maschine bewegen.

Stets kämpften Bergleute gegen Wasser, das in ihre Gruben eindrang. Die Römer hatten auch für diese „Wasserhaltung“ mehrere Lösungen. Anfangs trugen Sklaven das Wasser in Eimern aus der Grube. Lagen diese in den Bergen, bauten sie einen Stollen, der tiefer als der Abbaustollen lag. Hier sammelte sich das Wasser und floss am Berghang ins Freie. War all das nicht möglich,

### METALL IN DER ANTIKE HEISS BEGEHRT

Die wichtigste Bergbauregion war die römische Provinz Hispanien (heute Spanien). Sie erwies sich geradezu als Schatzkammer: Dort gab es große Mengen von Gold, Silber, Blei, Kupfer, Eisen und Quecksilber. Als die Minen erschöpft waren, trug dies zum Niedergang des Römischen Reichs bei.

*Werkzeuge aus Eisen wie dieses Steinbruchwerkzeug aus dem 1. bis 2. Jahrhundert n. Chr. erleichterten die Arbeiten.*

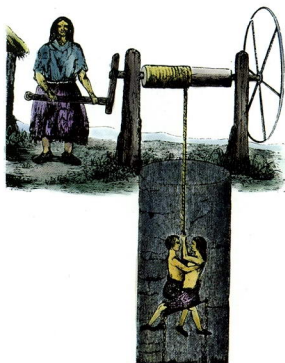


*Im Licht dieser Öllämpchen aus Ton mussten die Sklaven in den engen Stollen arbeiten.*



### SCHLÄGEL UND EISEN

gehören zum ältesten „Gezähe“, also Werkzeug des Bergmanns, und sind daher seit Langem sein Zeichen. Das nach rechts weisende Eisen hat eine meißelförmige Schneide. Diese hielt der Bergmann auf das Gestein und schlug dann mit dem Schlägel (Hammer) darauf.



*Haspeln setzten schon die Römer im Bergbau ein. Mit ihrer Hilfe kann man Menschen, Werkzeuge, Bodenschätze und vieles mehr entweder nach oben oder nach unten befördern. Ein falsches Bedienen war ein „Verhaspeln“.*

bauten römische Ingenieure erstaunliche Wasserhebemaschinen. Sie bestanden aus Schöpfgefäßen an Rädern oder Ketten, die von Sklaven oder Tieren in Treträdern angetrieben wurden und das Wasser emporhoben. Noch besser arbeiteten Schraubenspumpen, so genannte Archimedische Schrauben, die auf engem Raum und schmalen Stollen das Wasser transportieren können. Werden sie gedreht, steigt das Wasser in der Schneckenwindung empor.

### Was brachte die Neuzeit an technischem Fortschritt?

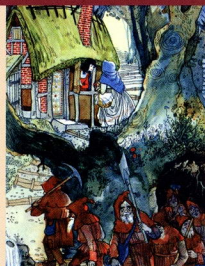
Der Zusammenbruch des Römischen Reichs beendete eine Zeit lang auch weitgehend den Bergbau. Nur in wenigen Regionen Mitteleuropas, etwa in den Alpenhochtälern und an der Lahn, blieb er bestehen. Von dort aus breitete sich das bergbauliche Wissen erneut aus. Anders als in der Antike arbeiteten in den mittelalterlichen Gruben aber keine Sklaven, sondern freie Bergleute. Technisch kam man während des Mittelalters allerdings kaum über die Fähigkeiten der Römer hinaus. Erst als Europa nach 1500 eine Blütezeit erlebte, entwickelte sich auch der Bergbau kräftig weiter. Zudem waren gute Bergleute rar und sehr gesucht. Die



*Wie dieses Modell zeigt, wurden Haspeln auch dazu verwendet, Wasser mithilfe von Ledersäcken (Heinzenkunst) aus dem Bergwerk zu befördern.*

### BERGMÄNNER, ZIPFELMÜTZEN UND GARTENZWERGE

Die Sieben Zwerge im Märchen, die bekanntlich Bergleute waren, werden stets mit Zipfelmützen dargestellt, ebenso wie ihre Verwandten, die Gartenzwerge. Tatsächlich gehörte einst die Zipfelmütze zur Bergmannskleidung und kleinstwüchsige Menschen hatten es leichter, sich in den engen Stollen zu bewegen und zu arbeiten. Die Knappen stopften den Zipfel mit Stroh aus; so wirkte er als einfacher Schutzhelm gegen herabfallende Steine. Zudem spürten sie jede Berührung der niedrigen Stollendecke am Zipfel und konnten sich rasch ducken, bevor sie sich am Fels verletzten.

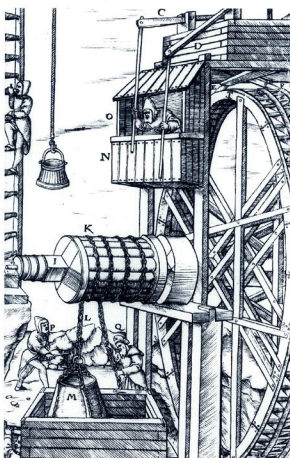


Schlägel und Eisen  
im Einsatz

Grubeneigner hatten daher großes Interesse daran, deren Arbeitskraft mithilfe neuer Erfindungen zu unterstützen und so systematisch die Förderleistung zu erhöhen – und sie hatten auch die Finanzmittel dazu.

Damals entstanden in den Bergwerken komplizierte Maschinen, um die unterschiedlichsten Aufgaben auszuführen. Die Zeitgenossen haben diese „Künste“ mit ihren oft gewaltigen hölzernen Rädern, Kurbeln und Zahnrädern, Kolben, Getrieben und Übersetzungen gebührend bestaunt. Angetrieben wurden sie mit Pferddegöpleh, im Kreis laufenden Pferden, die ein großes Rad trieben, oder mit Wasserkraft. Das Antriebswasser für die Wasserräder sammelte man mittels Stauanlagen, Speicherteichen und Gräben. Im Oberharz zum Beispiel kann man solche weitläufigen Anlagen heute noch bestaunen.

Weil man im Bergbau viele Auf- und Abbewegungen braucht, normale Wasserräder sich aber nur in einer Richtung drehen, erfand man das Kehrrad. Es zählt zu den größten jemals gebauten Wasserrädern und hatte teils Durchmesser von über zehn Metern. Ein Kehrrad besteht aus zwei verbundenen Wasserrädern mit entgegengesetzt gerichteten Schau-



*So wurde das Kehrrad eingesetzt. Der Mann oben im Erker konnte das Wasser abwechselnd auf den einen oder den anderen Schaufelkranz lenken und so den Förderkorb aufwärts oder abwärts fahren lassen.*

felkranzen. Indem man das Antriebswasser durch einfache verstellbare Rinnen wechselweise auf den einen oder den anderen Schaufelkranz lenkt, kann man bequem und rasch die Drehrichtung umkehren.

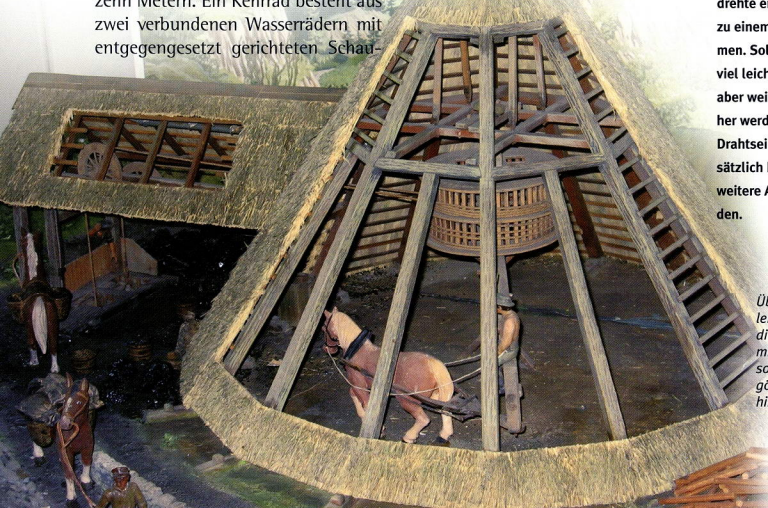


*Kehrrad (Ausschnitt) mit entgegengesetzt ausgerichtetem Schaufelkranz (Museum St. Andreasberg, Oberharz)*

## SEIL – KETTE – DRAHTSEIL

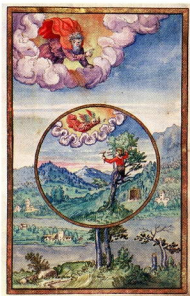
Ursprünglich wurden die schweren gefüllten Förderkörbe an Hanfseilen hochgezogen. Weil sie oft rissen, ersetzte man sie um 1600 durch eiserne Ketten. Doch die zunehmende Tiefe der Schächte überforderte schließlich auch diese Ketten – sie rissen fast schon unter ihrem Eigengewicht. Die Lösung fand 1834 der Oberbergat Albert aus dem Oberharzstädtchen Clausthal: Nach dem Vorbild der Hanfseile drehte er Litzen aus Eisendraht zu einem festen Seil zusammen. Solche Drahtseile waren viel leichter als Ketten, trugen aber weit höhere Lasten. Seither werden überall im Bergbau Drahtseile verwendet und zusätzlich haben sich unzählige weitere Anwendungen gefunden.

*Über verschiedene Rollen und Räder wurden die Förderkörbe (links) mithilfe der Pferde im sogenannten Pferddegöpleh hinauf oder hinunter gelassen.*



## BERGBAUBÜCHER

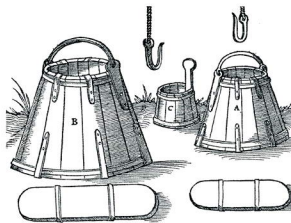
Im Mittelalter war das bergbauliche Wissen nur bei den Bergleuten selbst verbreitet. Mit Beginn der Neuzeit aber schrieben einige mit dem Bergbau vertraute Gelehrte reich illustrierte Bücher, um dieses Wissen zu verbreiten. Das berühmteste ist das „Buch der Metallkunde“ (De re metallica libri XII), geschrieben von dem Arzt und Universalgelehrten Georg Bauer, genannt Agricola, aus Glauchau. Es handelt vom Auffinden der Bodenschätze, von wichtigen Maschinen und der Verhüttung der Erze. In gleichen Jahr erschien in Schwaz (Tirol) das „Schwazer Bergbuch“ als farbig illustrierte Handschrift – vermutlich um den Landesfürst, den König sowie Geldleute über das Bergwerk, seine Aussichten und die Sorgen der Bergleute zu informieren.



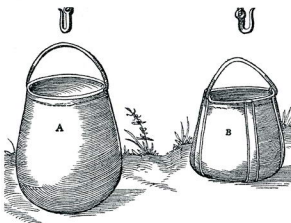
Genaue Zeichnungen und Beschriftungen machen die Qualität alter Bergbaubücher aus. Einige Abbildungen in unserem Buch sind aus dem „Buch der Metallkunde“ und aus dem „Schwazer Bergbuch“ (Titelbild oben).

## Wie wurden die Bergwerke entwässert?

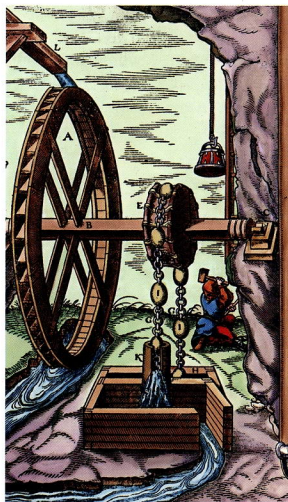
Wasserräder, Haspeln oder Göpel trieben auch die „Künste“ zum Entwässern der Gruben an, denn mit zunehmender Tiefe wurde die „Wasserhaltung“ immer schwieriger. In Gebirgen half man sich mit sogenannten Erbstollen, die das Wasser unterhalb der Grube aus dem Berg führten. Im Oberharz kann man heute noch Erbstollen kilometerweit per Boot befahren. Aber es war mühsam und teuer, solche langen Gänge in den Berg zu hauen – und nicht überall möglich. So baute man mechanische Einrichtungen zum Wasserheben nach dem Prinzip „Wasser hebt Wasser“.



Die Wasserkübel waren oben enger, damit das Wasser beim Hochziehen aus den geneigten Schächten nicht verschüttet wurde. Eiserne Reifen um den Kübel schützten das Holz. Mit der kleinen Kanne wurde das Wasser unten im Schacht eingefüllt.



Bulgen sind Wassersäcke aus Leder. Die Ringebulge (links) füllt sich, wenn sie unten ins Wasser gelassen wird, von selbst. In die Streichbulge (rechts) wird das Wasser durch eine hölzerne Schaufel „gestrichen“.



Die Heinzenkunst fördert das Wasser mithilfe von Ballen, die in Rohren laufen und es portionsweise nach oben drücken. Die Ballen bestehen aus Leder, in das Schwanzhaare von Pferden eingenäht sind.

Im Bergwerk von Schwaz in Tirol wurde eine „Bulgenkunst“ installiert. Sie bestand aus einer endlosen Kette mit zahlreichen Eimern aus Leder, die das Wasser unten schöpften und sich oben in eine Abflussrinne entleerten. Die Maschine brauchte für die Schöpfleistung von 600 Bergleuten nur fünf Mann Bedienung. Es gab auch „Heinzenkünste“, die das Wasser mittels in Rohren laufenden Lederballen hoben. Die „Kunst mit dem krummen Zapfen“ war eine weitere Erfindung. Eine Kurbelwelle (krummer Zapfen) verwandelte die gleichmäßige Drehbewegung des Wasserrads in eine Auf- und Abbewegung zum Antrieb von Kolbenpumpen.

## Wie wird Erz in modernen Bergwerken abgebaut?

Ein großer Teil der alten europäischen Erzgruben wurde längst aufgegeben, weil in Übersee das Erz viel billiger im Tagebau gefördert werden kann und zudem die europäischen Löhne recht hoch sind. Eine Ausnahme ist das Eisenerzbergwerk von Kiruna in Nordschweden. Ursprünglich wurde auch hier am Polarkreis im Tagebau gearbeitet.

Nach Erschöpfung der oberflächennahen Vorräte aber wird unter Tage in einem hochmodernen Bergwerk, das bis zu 1 000 Meter tief reicht, das Erz gefördert. Es lohnt sich noch, weil das Eisenerz besonders hochwertig und zudem die Förderung weitgehend automatisiert ist.

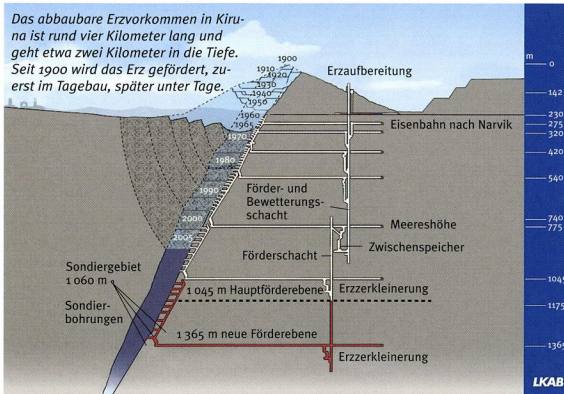
Die meisten der etwa 3 200 Bergleute sind daher mit der Wartung der Anlagen beschäftigt.

Der Abbau geschieht in großen, Stollen ähnlichen Räumen, die von der Seite her ins Eisenerzlager getrieben werden. Vor Ort bohren ferngesteuerte Maschinen mehrere Bohrlöcher ins Erz, jedes bis zu etwa 20 Meter lang. Sie werden mit Flüssigsprennstoff gefüllt und nachts gezündet.

Am folgenden Tag nehmen elektrisch betriebene Radlader die Erzbrocken auf und transportieren sie ab. Die Räder dieser Fahrzeuge sind mit Wasser gefüllt, damit sie weicher über das Gestein fahren können. Dank eingebauter Computer finden sie selbstständig ihren Weg durch die Stollen. Nur die Beladung ist

## DIE EUROPÄISCHE UNION

verdankt ihre Entstehung letztlich zwei wichtigen Bodenschätzen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wollte man ähnliche Kriege in Europa verhindern, indem man die dafür nötigen Rohstoffe Kohle und Eisen unter internationale Kontrolle stellte. So gründeten (West-)deutschland und Frankreich 1951 zusammen mit Italien und den Beneluxstaaten die „Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl“, die zur Keimzelle der EU wurde.



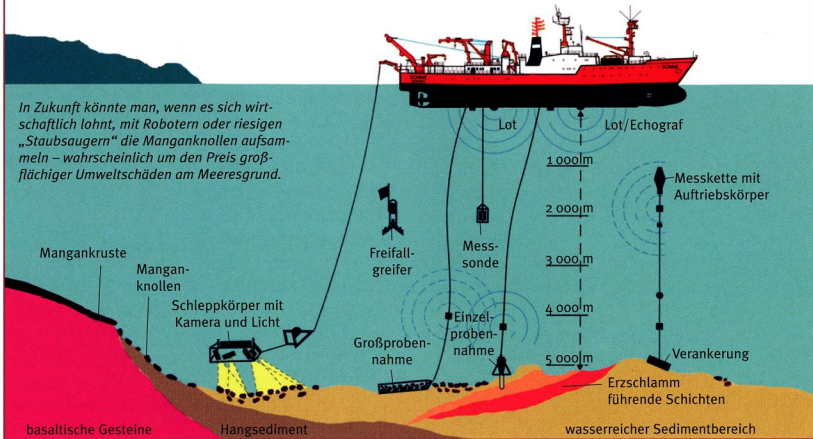
Das Eisenerz ist ein sogenannter Magnetit, ein Eisenoxid mit magnetischen Eigenschaften.

Im Kontrollraum laufen Informationen aller Bereiche des Bergwerks zusammen und werden sofort ausgewertet.

Das Ausbrechen und Verladen wird in den Stollen von Kiruna zum Teil von einem Kontrollraum aus gesteuert.

So wird man in bestimmten Radladern und Lokomotiven keinen Fahrer finden.





## TIEFSEEBERGBAU

In vielen Gebieten liegen auf dem Ozeanboden zahlreiche grauschwarze Knollen in über 4 000 Metern Tiefe. Sie haben bis zu 20 Zentimeter Durchmesser und bestehen aus wertvollen Metallen wie Mangan, Kupfer, Nickel und Kobalt, die sich vermutlich aus dem Meerwasser abgeschieden haben.

nicht automatisch, sondern wird von der Leitwarte aus per Joystick und Videokamera ferngesteuert. Ein einziger Arbeiter kann so drei Fahrzeuge bedienen.

Die Radlader werfen das Erz vollautomatisch in Absturzschächte, durch die es in ebenfalls ferngesteuerte Züge fällt. Sie fahren es zu einer Brechanlage, die es in kleine Stückchen zerteilt. Dann wird das graue Erz in Förderkörbe verladen und mit einer Geschwindigkeit von 14 Metern pro Sekunde an die Oberfläche gezogen. Nachdem es fein gemahlen, von Gesteinsanteilen befreit und zusam-

men mit Zusatzstoffen zu Kügelchen (Pellets) geformt wurde, liefern Eisenbahnzüge das hochofenfertige Erz zu den Seehäfen Lulea (Schweden) und Narvik (Norwegen).

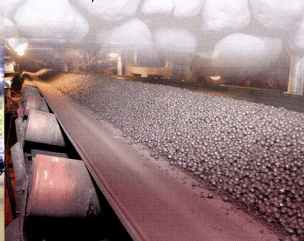
Abgebaute Strecken werden mit Gestein verfüllt. Dennoch gibt es zunehmend Bodensenkungen und andere Bergschäden in Kiruna. Daher soll die Stadt demnächst um einige Kilometer versetzt werden.

Übrigens: Der schwedische Stahl ist so gut, dass man auch gerne Gefängnisgitter daraus fertigte – so kam der Ausdruck „schwedische Gardinen“ zustande.

In großen Trommeln wird das Eisenerz gemahlen, mit verschiedenen Stoffen versetzt und zu „transportfreundlichen“ Pellets geformt.

Auf langen Förderbändern werden die Pellets zum Verladen zur Eisenbahnstation transportiert.

Auf dem Seeweg wird der Rohstoff zu anderen Industriestandorten verschifft.



# Bergbau, Kultur und Gesellschaft

## Warum waren Bergleute bei Herrschern besonders angesehen?

Bergmann – das war schon vor Jahrhunderten kein Beruf wie jeder andere. Bergleute arbeiteten im Dunkeln unter Tage, sie entrißten der Erde ihre Schätze und sie waren ständig von Gefahren umgeben – das verlieh ihnen ein besonderes Ansehen und förderte ihren Stolz und ihr Selbstbewusstsein.

Könige und Fürsten schätzten schon im Mittelalter den Bergbau sehr hoch ein: Als erste organisierte „Industrie“ war er die Hauptquelle ihres Reichtums. Er gab vielen Menschen Arbeit, brachte ganze Städte zum Blü-

hen und lieferte unter anderem Silber, das die Schatzkammern füllte und mit dem sich Heere ausrüsten ließen.

Kundige Bergleute waren rar und konnten bei ihren Arbeitsbedingungen zahlreiche Vorteile für sich herauschlagen. Schon früh etwa wurden sie für „frei“ erklärt – keine Selbstverständlichkeit in einer Zeit, in der die meisten Menschen Leibeigene waren, ohne Erlaubnis ihres Grundherren weder wegziehen noch gar heiraten durften. Außerdem bekamen die Bergleute volle Reisefreiheit, damit sie nach Erschöpfung einer Grube zu einer anderen wandern konnten, sowie die „Schurffreiheit“, überall nach Bodenschätzen zu suchen, auf genutztem wie auf ungenutztem Gelände.



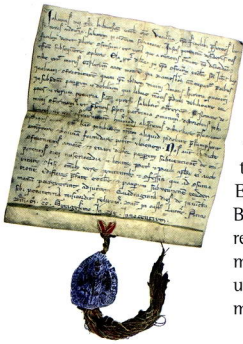
*Die Annaberger Knappschaft im Erzgebirge (Silberbergwerk) war im 16. Jahrhundert sehr vermögend und spendete eine stattliche Summe für den Bergaltar in der St. Annenkirche. Seine Rückseite zeigt verschiedene Arbeitsvorgänge aus dem Bergbau und der Silbererzverarbeitung.*

## „GLÜCK AUF!“

Der alte Gruß der Bergleute soll bedeuten „gesundes Ausfahren nach der Arbeit“, vielleicht auch die Hoffnung, dass sich ergiebige Erzgänge auftun. Er ist besonders bekannt geworden durch das über 300 Jahre alte Bergmannslied „Glück auf, der Steiger kommt“. Der Fußballclub FC Schalke 04 begrüßt bei Heimspielen seine Zuschauer ebenfalls mit diesem Gruß.

*Die heutigen Knappenvereine wollen alte Bergmannstraditionen erhalten und pflegen. Dazu gehören auch Veranstaltungen wie hier die Bergparade in Annaberg.*



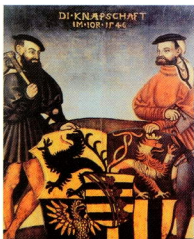


Älteste Urkunde der Knappschaft (1260). Sie bestätigt die Bruderschaft der Bergleute von Goslar im Harz.

Zu diesen Grundprivilegien kamen in manchen Regionen noch weitere, etwa das Recht, Waffen zu tragen, Fische und Vögel für den Eigenbedarf zu fangen sowie die Befreiung von Steuern. Diese Vorrechte kamen dem Bergbau und damit letztlich dem Herrscher zugute – und stärkten das Ansehen des Bergmanns noch weiter.

## KNAPPSCHAFT HEUTE

Nach 1660 geriet das Knappschaftswesen wie überhaupt der Bergbau immer mehr unter staatliche Kontrolle und die Knappschaften wandelten sich zu modernen Versicherungseinrichtungen. Weil sie sich als Modell für gegenseitige Hilfeleistung jahrhundertlang so gut bewährt hatten, wählte Reichskanzler Otto von Bismarck sie Ende des 19. Jahrhunderts als Vorbild für die allgemeine Arbeiterversicherung. Sie wurden so zu einer Keimzelle für unseren heutigen Sozialstaat – und existieren noch heute als der älteste Teil davon.



Türfüllung des Chorgestühls aus dem Freiburger Dom

## Was ist eine Knappschaft?

Tod und immer wieder forderten Unglücke viele Opfer. Die Bergleute kämpften mit wirtschaftlichen Problemen, etwa wenn die Gruben erschöpft oder durch Einsturz oder Wassereintrich unbrauchbar geworden waren. All diese Probleme schweißten sie zusammen. Zunächst bildeten sich von der Kirche anerkannte sogenannte Bruderschaften. Die Bergleute verpflichteten sich, einen Teil ihres Arbeitseinkommens zur Unterstützung armer, schwacher, kranker oder in materieller Not geratener Bergleute abzugeben. Daraus entwickelten sich rechtlich anerkannte sogenannte Knappschaften (Knappe ist ein anderes Wort für Bergmann). Sie umfassten bald alle, die am Bergbau beteiligt waren, teils sogar die Schmelzer und Hüttenleute, die das Erz zu Metall weiterverarbeiteten. Die Knappschaften waren also keine Arbeitervereinigungen oder Gewerkschaften, denen Unternehmer gegenüber standen, sondern eine Gemeinschaft aller vom Berg-

Bergleute es oft schwer. Die harte Arbeit verursachte häufig Krankheiten und oft einen frühen



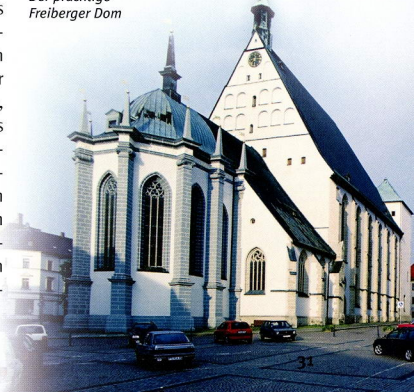
Das Bruderhaus der Schwazer Erzknappen in Tirol um 1510. Es war eine Art Krankenhaus. Hier fanden Knappen, die bei der Arbeit verletzt oder krank wurden, Pflege und Versorgung, eine fast einzigartige Fürsorge für diese Zeit.

bau Abhängiger. Knappschaften stellten auch als Standesorganisation der Bergleute Forderungen oder riefen zu Streik oder organisiertem Wegzug aus einem Revier auf.

Der Bergbau lohnte sich vor allem für die Bergbaustädte und die jeweiligen Herrscher. So füllten etwa ab dem Jahr

1000 die Kupfer- und Silbervorkommen am Rammelsberg bei Goslar die Kassen der deutschen Kaiser. Den Reichtum der Bergstädte zeigen noch

Der prächtige Freiburger Dom



heute prächtige Baudenkmäler, etwa der spätgotische Dom der Erzgebirgstadt Freiberg in Sachsen. Das Münster der Schwarzwaldstadt Freiburg verdankt seine Schönheit nicht zuletzt den nahen Silbergruben. Die Silberbergwerke von Schwaz in Tirol, zeitweise das bedeutendste Bergbauzentrum Mitteleuropas, füllten um 1500 die Kassen der Herrscher aus dem Hause Habsburg, die über Österreich, Ungarn, Böhmen und Spanien regierten und lange Zeit die deutsche Kaiserkrone trugen. Symbol des Reichtums im Deutschen Reich war der Taler. Diese weltweit

begehrte Silbermünze stammte aus dem Metall, das in St. Joachimsthal im Erzgebirge gefördert wurde – der Stadtname lebt im Namen dieser Münze ebenso wie in der davon abgeleiteten Bezeichnung Dollar fort.

Nach dem Ende des Mittelalters wurden immer mehr Gruben von reichen Kaufleuten betrieben. Oft teilten sich mehrere Besitzer eine Grube, wobei jeder einen Anteil (Kux) am Gewinn hatte. Der berühmteste dieser Großkaufleute war Jacob Fugger aus Augsburg, der sogar den Kaisern große Geldsummen lieh und dafür Bergwerksrechte bekam.



Heilige Barbara am Eingang des „Barbara-Stollens“, Saalfeld

## DIE HEILIGE BARBARA

ist die Schutzheilige der Bergleute. Die Legende geht zurück auf eine Königstochter aus Nikomedien (Türkei), die von ihrem Vater geköpft wurde, weil sie zum Christentum übertreten war. Zuvor hatte sie versucht zu fliehen, und zwar durch einen Felsen, der sich vor ihr öffnete. Dieser sich öffnende Felsen stellt ihre Beziehung zum Bergbau her. In vielen Gruben gibt es Barbarastollen und in den Andachtstätten unter Tage findet man ihr Abbild.

## BERGKANNEN, MÜNZEN UND TRACHTEN

Die Bedeutung des Bergbaus für das Revier und seine Menschen zeigt sich in vielen Dingen. Bergmännische Symbole in Städtewappen deuten die enge Verbindung der Stadt zum Bergbau an. Außergewöhnliche sogenannte Bergkannen aus Silber wurden in Zeiten reichen Bergsegens geschaffen. Sie waren der Stolz der Knappschaften und dienten der Repräsentation der Bergstädte. Der Stolz der Bergleute spiegelt sich auch in ihren aufwendig gestalteten Paradetrachten wieder. In Zeiten des zunehmenden Handels gewann die Prägung gerade von Silbermünzen an Bedeutung. Die Prägung bezog sich auf Ereignisse aus dem Herrscherhaus, die Umschrift dagegen berichtet vielleicht von einem bedeutenden Fund. Die sogenannten Ausbeutemünzen waren aus dem Metall eines bestimmten Bergwerks gefertigt, das auf der Prägung genannt wurde. Oft findet man auch Angaben zum Jahr der Prägung und eine Darstellung des Bergwerks selbst.



Oberharzer Bergkanne aus Clausenthaler Silber

Harzer Ausbeutemedaillie, 1679–1696



Schwaz

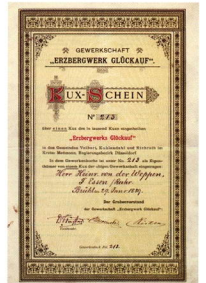


Stadtwappen mit Bergmannszeichen



Annaberg

Bergmeister in Parade-  
tracht, 1721



Kuxschein des Erzbergwerks „Glückauf“, Düsseldorf (1889)

# Salz – das weiße Gold

„Die Menschen können zwar ohne Gold, nicht aber ohne Salz leben“, sagte der römische Ge-

schichtsschreiber Cassiodorus (490–583). Wir wissen, dass Salz unentbehrlich ist, zum Würzen und Haltbarmachen der Nahrung, aber auch für unsere Gesundheit. Das gilt für Menschen und für Tiere. Salz ist seit Jahrtausenden ein begehrtes Handelsgut und machte Städte und Menschen reich. Kulturen am Meer legten flache Teiche an und ließen das Meerwasser einfach verdunsten, Zurück blieb Speisesalz.

Die Einwohner des Alpendörfchens Hallstatt erschlossen sich um 1000 v. Chr. in harter Arbeit einen direkten Weg zum Steinsalz. Sie trieben mit Bronzezapfen bis zu 240 Meter tiefe Schächte in den Berg und brachten die Salzbrocken in Tragekörben zu Tage. Die Hallstätter Grube, das erste Salzbergwerk der Erde, arbeitete mehrere Hundert Jahre lang. Das kleine Dorf am Alpensee stieg, wie reiche Grabbeigaben bezeugen, in dieser Zeit auf zur wohlhabenden Handelsmetropole, deren Geschäftsbeziehungen bis nach Ägypten reichten. Anstrengend war auch die Arbeit der Salzsieder. Das aus salzhaltigen Quellen geschopte Was-

ser musste unter ständigem Rühren in eisernen Pfannen eingedampft werden, bis sich weiße Salzkristalle ausschieden. Die Salzstraßen, auf denen die Säumer (Salzhändler) ihre Fracht transportierten, sind eine der ältesten Handelswege der Menschheit. Der „Güldene Steig“ zum Beispiel verband Reichenhall mit Böhmen, die „Alte Salzstraße“ führte von Lüneburg nach Lübeck, Rom gewann überhaupt erst an Bedeutung, da es an der Furt der „Via Salaria“ (Salzstraße) über den Tiber lag.

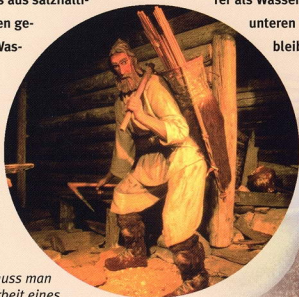
Salzlagerstätten werden heute auf zwei Wegen abgebaut. Zwei Drittel etwa werden gewonnen, indem man Bohrlöcher nach unten in die Lagerstätten treibt und Süßwasser hineinpumpt. Teils werden auch bergmännisch erzeugte Hohlräume gefüllt. Das Süßwasser löst das Salz auf und es bildet sich eine Höhlung, die langsam in die Höhe wächst. Die entstehende konzentrierte Salzlösung (Sole) ist schwerer als Wasser und sammelt sich daher im unteren Teil der Höhlung. Am Boden bleiben Verunreinigungen wie



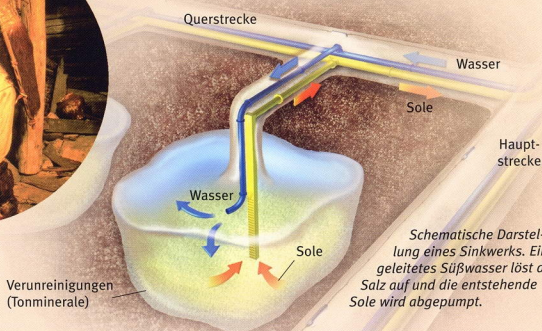
So sieht das Salz aus, bevor es unter anderem in unserem Salzstreuer landet.

Sand. Durch ein zweites Rohr wird die Sole an die Oberfläche gepumpt. Solche Sinkwerke findet man beispielsweise in Berchtesgaden.

Etwa ein Drittel des geförderten Salzes wird im normalen bergmännischen Abbau als Steinsalz gewonnen, zum Beispiel im größten Salzbergwerk Europas, Borth am Niederrhein. Mächtige Vortriebsmaschinen bohren hier Hauptförderstrecken sowie davon abzweigende Querförderstrecken, die dann zu Abbaukammern erweitert werden. Durch Bohren und Sprengen wird das Salz in gewaltigen Brocken aus den Wänden gelöst. Die Hohlräume werden danach nicht zugeschüttet („verfüllt“). Dafür lässt man stabile Salzpfiler stehen, die die Last der darüber liegenden Schichten tragen.



So etwa muss man sich die Arbeit eines Bergmannes im 6. Jahrhundert v. Chr. in der Hallstätter Grube vorstellen.



Schematische Darstellung eines Sinkwerks. Eingeleitetes Süßwasser löst das Salz auf und die entstehende Sole wird abgepumpt.

Der Erzberg in der Steiermark (Österreich) ist der größte Eisenerztagebau der Erde. Täglich werden bis zu 20 000 Tonnen erzhaltiges Gestein abgefahren.

## TAGEBAU

### GRABEN, ABER NICHT IM STOLLEN

An manchen Stellen klawen gewaltige, teils mehrere Kilometer lange und breite Gruben in der Erde. Es sind Tagebaue, an denen Erze oder andere Bodenschätze in riesigen Mengen gefördert werden. Dieses Abbaufahren ist nur bei Lagerstätten nahe der Erdoberfläche möglich.

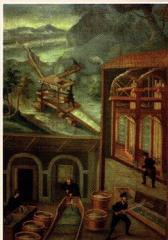
Der Tagebau hat viele Vorteile: Man spart sich das teure Graben tiefer Stollen und Gänge mit all den damit verbundenen Problemen. Zudem lassen sich im Tagebau gewaltige Abbaumaschinen, wie etwa turmhohle Schaufelradbagger, einsetzen, die Abertausende Kubikmeter Gestein pro Stunde abräumen und zum Weitertransport in riesige Lastwagen befördern. Jeder dieser LKWs kann Erz im Gewicht von 100 bis 300 Autos aufnehmen. Auch Sprengungen sind im Tagebau viel einfacher und sicherer durchzuführen als in engen Stollen. Störendes Grundwasser beim Graben wird einfach herausgepumpt.

Zahlreiche Bodenschätze werden im Tagebau gewonnen. Manche Gruben werden dabei Hunderte von Metern tief. In der kanadischen Provinz Alberta baggen gewaltige Maschinen

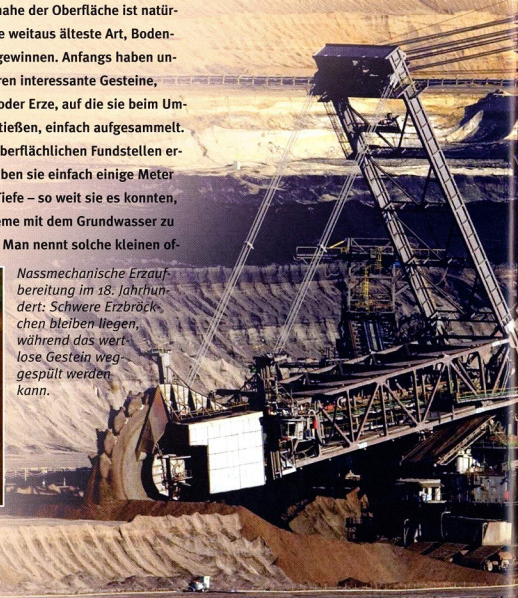
ölhaltige Sande ab, aus denen dann Rohöl abgetrennt wird. In solchen Ölsanden sind etwa zwei Drittel der weltweit verfügbaren Ölreserven gespeichert.

In Australien gewinnt man im Tagebau Steinkohle. Weil man dazu keine Bergwerke graben muss, kann man australische Steinkohle sehr billig einkaufen: Sie kostet nur ein Drittel des Preises deutscher Kohle, und das trotz des beträchtlich langen Transportweges. Der Abbau nahe der Oberfläche ist natürlich auch die weitaus älteste Art, Bodenschätze zu gewinnen. Anfangs haben unsere Vorfahren interessante Gesteine, Mineralien oder Erze, auf die sie beim Umherziehen stießen, einfach aufgesammelt. Waren die oberflächlichen Fundstellen erschöpft, gruben sie einfach einige Meter weit in die Tiefe – so weit sie es konnten, ohne Probleme mit dem Grundwasser zu bekommen. Man nennt solche kleinen of-

fenen Bergbaugruben Pingen. In Deutschland kann man solche Spuren des Altbergbaus zum Beispiel südlich der Ruhr sowie in den sächsischen Orten Altenberg, Seifen und Geyer besichtigen. Und im österreichischen Mittelberg bei Bischofshofen findet man eine 1 200 Meter lange und bis zu 15 Meter tiefe grabenförmige Pinge, in der Kupfererz gefördert wurde.



Nassmechanische Erzaufbereitung im 18. Jahrhundert: Schwere Erzbrocken bleiben liegen, während das wertlose Gestein weggespült werden kann.



Auch Metalle und Erze lassen sich im

## EIN BERG AUS EISENERZ

Tagebau gewinnen.

So gibt es Gruben in goldhaltigem Ge-

stein zum Beispiel in Ghana, Papua-Neuguinea, Australien, Neuseeland, Mexiko und Peru. Kupfererz gräbt man unter anderem in Kanada, den USA und im afrikanischen Staat Sambia. Der weltweit größte Kupfererztagebau ist die Chuquicamata Mine in der chilenischen Atacama-Wüste. Dort werden pro Tag etwa 180 Millionen Kilogramm Gestein abgebaut und daraus rund 2 500 Tonnen Kupfer gezogen.

Ein ganz besonderes Erlebnis, auch für Besucher, findet sich viel näher, nämlich in der Stadt Erzberg in der Steiermark (Österreich). Dort ragt eine riesige Lagerstätte aus Eisenerz als rötlich brauner Berg empor und wird seit über 1 000 Jahren abgebaut. Heute sprengt man meist zwischen 20 000 und 80 000 Tonnen Erz ab. Mächtige Schaufellader nehmen es auf und laden es in Eisenbahnwaggons. Zur Weiterverarbeitung geht es dann in die Stahlwerke.

*Riesige Schaufelradbagger fressen sich durch die Landschaft und bauen die Braunkohle ab.*



## VOHER UND NACHHER – REKULTIVIERUNG

Landschaften „aus zweiter Hand“, wie man die von den Braunkohlengesellschaften rekultivierten Flächen auch nennt, gibt es bereits in mehreren deutschen Regionen. Allein in Ostdeutschland sollen in den kommenden Jahren 172 sogenannte Bergbaufolgeseen entstehen. Gerade wird ein Gebiet



*Die Industrie fördert im rheinischen Revier jährlich etwa 100 Millionen Tonnen Braunkohle. Die alten Abbaugruben werden rekultiviert. Neben neuen Ackerflächen entstehen viele Erholungsgebiete, wie das am Bedburger Stadtteil Alt-Kaster. Die einmal zerstörte Natur kann aber so meist nicht wiederhergestellt werden.*

südlich von Leipzig rekultiviert, wo seit rund 100 Jahren Braunkohle gewonnen wurde. Dort entsteht in den nächsten Jahren eines der schönsten deutschen Wassersportreviere – eines der künstlichen Gewässer in diesem „Neuseeland“ getauften Gebiet wird größer als der Tegernsee in Bayern.



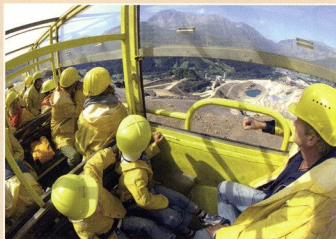
Auch in Deutschland gibt es riesige Ta-

## RIESENBAGGER FÜR DIE BRAUNKOHLE

gebäulöcher. So werden an vielen Stellen Baustoffe wie Kies

und Sand oder auch Kalk und Kreide (zur Zementherstellung) abgebaut. Die größten Löcher aber hinterlässt der Braunkohlenabbau. Deutschland ist weltweit Spitzenreiter bei der Braunkohlengewinnung. Besonders in der Niederrheinischen Bucht zwischen Köln und Aachen, in Mittelddeutschland und in der Lausitz holt man dieses Brennmaterial aus dem Boden. In der Grube Garzweiler am Niederrhein arbeitet der weltweit größte Schaufelradbagger, der „Bagger 288“. Diese gigantische Maschine ist länger als zwei Fußballplätze und erreicht zwei Drittel der Höhe des Kölner Doms. Sie wiegt so viel wie 12 000 Autos und kann mit den 18 Schaufeln an

ihrem haushohen Schaufelrad 240 000 Tonnen Kohle pro Tag ausbaggern – Füllung für 16 000 große Lastwagen. Beim Tagebau fressen sich die Braunkohlengruben immer weiter durch das Gelände. Natur und Menschen müssen weichen, Bewohner werden umgesiedelt, Häuser werden abgerissen und bald entsteht an diesen Stellen eine riesige Grube.



*Am Erzberg wird mit riesigen Schwerlastkraftwagen das gebrochene Erz wegtransportiert. Zwei umgebaute Fahrzeuge dienen für Besichtigungsfahrten von Touristen.*

# Brennbare Steine – die Kohle

## Wann begann der Kohlenabbau im Ruhrgebiet?

Durch Mitteleuropa zieht sich ein Gürtel von Steinkohlevorkommen, der von Russland über Polen und das Ruhrgebiet bis nach England reicht. In Deutschland entwickelte sich vor allem das Ruhrgebiet zum Wirtschaftszentrum, also das Gebiet zwischen den Flüssen Ruhr, Emscher und Lippe. Schon seit dem 13. Jahrhundert sammelten die Anwohner im südlichsten Teil dieser Region kleine Mengen Steinkohle, die an der Erdoberfläche lagen. Den Keim der Industrialisierung bildeten allerdings Eisenerze, die im Gebiet von Oberhausen gefunden und ab 1758 zunächst mithilfe von Holzkohle verarbeitet wurden. Den Aufschwung brachten dann Anfang des 19. Jahrhunderts politische Entwicklungen: Die Zollschranken zwischen den vielen deutschen Kleinstaaten und Fürstentümern jener Zeit fielen, bald verbanden Eisenbahnstrecken die Städte. Eine mächtige Industrialisierungswelle setzte ein, Fabriken wurden gebaut, die nach immer mehr

Kohle verlangten. Schon 1850 existierten im „Ruhrpott“ 300 Bergwerke, die hier auch Zechen genannt werden. Zudem siedelten sich Stahlwerke und viele andere Fabriken an. Arbeitskräfte strömten in großer Zahl herbei und kleine Dörfer wurden binnen weniger Jahre zu Großstädten. Schließlich wuchs das Gebiet zum größten Industrieballungsraum Europas.

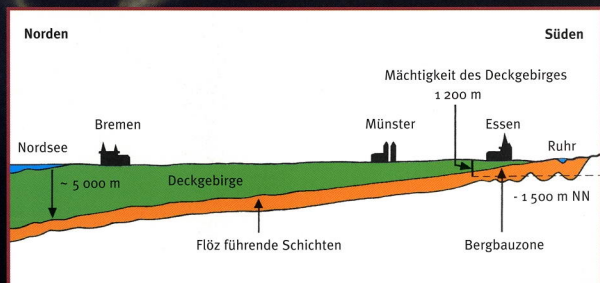
Dazu mussten allerdings zahlreiche bergbauliche Probleme gelöst werden. Die Kohle lagert nämlich nur im südlichen Ruhrgebiet nahe der Oberfläche. Je weiter man nach Norden kommt, desto tiefer liegen die Flöze. Zudem schiebt sich eine nach Norden zu immer dickere Mergelschicht über die Kohle führenden Schichten, über der sich das Grundwasser staut. 1838 gelang es erstmals, sie zu durchstoßen und Kohle abzubauen. In der Folge entstanden dann immer tiefere Schächte und mit Erschöpfung der älteren Lager wandert der Kohlenbergbau seither ständig nordwärts und hat bereits Tiefen von über 1000 Meter erreicht.



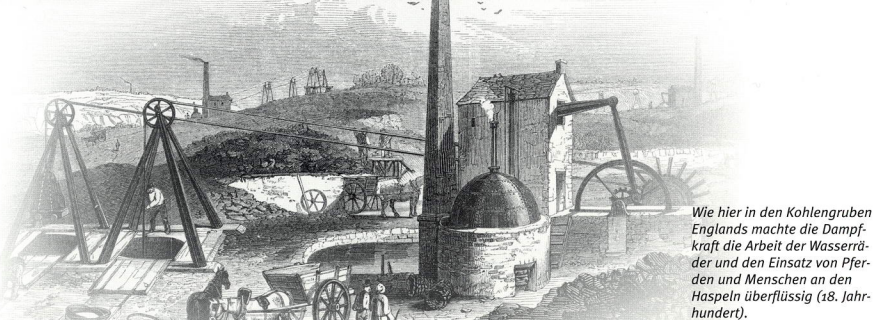
*Bis vor wenigen Jahrzehnten waren die Kohlenhändler ein vertrauter Anblick auf unseren Straßen.*



*Im Hobelstreb mit seinen pressluft- und wassergefüllten Schläuchen ist das Arbeiten oft sehr beengt  
(Gemälde von Alexander Calvelli, 2006).*



*Mit den heutigen technischen Möglichkeiten kann man die Kohle bis in eine Tiefe von etwa 1 500 Metern abbauen.*



Wie hier in den Kohlengruben Englands machte die Dampfkraft die Arbeit der Wasserräder und den Einsatz von Pferden und Menschen an den Haspeln überflüssig (18. Jahrhundert).

### Was leistete die Dampfmaschine für den Bergbau?

Der Abbau der Flöze aus immer größerer Tiefe machte das Problem der Wasserhaltung immer drängender: Die Gruben drohten schlicht abzusaufen. Inzwischen hatten Naturforscher die Kräfte entdeckt, die im Dampf stecken. Beim Erhitzen entstehen aus 1 Liter Wasser rund 1 000 Liter Dampf. In einem Gefäß eingeschlossen erzeugt diese riesige Dampfmenge einen hohen Druck, der Arbeit leisten kann.

Die erste Dampfmaschine für den Bergbau ersann 1698 der Techniker Thomas Savery; der Schmied Thomas Newcomen verbesserte sie 1712. Diese ersten Maschinen verbrauchten Unmengen Kohle für eine vergleichsweise geringe Leistung, ersetzten aber zumindest schon einen beachtlichen Teil der Pferde, die zuvor für die Wasserhaltung im Bergwerk ar-

beiteten. Der eigentliche Siegeszug der Dampfkraft begann mit den verbesserten und vergleichsweise sparsamen Maschinen, die der Mechaniker James Watt ab 1769 baute. Sie stellten eine günstige und an jedem Ort verfügbare Kraftquelle dar, genial für den Bergbau und die Arbeit in den Fabriken.

Zahlreiche Erfindungen, die aus

### Wagen auf Schienen – die Erfindung des Bergbaus?

dem Bergbau stammen, nutzen wir heute im Alltag – sogar die Eisenbahn. Hunte, also auf Rädern laufende Wagen, dienten schon ab dem Mittelalter zum Transport des geförderten Materials unter Tage. Man hatte früh bemerkt, dass sie sich auf Bretterbahnen oder Schienen weit leichter bewegen ließen als auf rauem Boden. Gezogen wurden sie meist von Grubenpferden,

### KINDERARBEIT

Im 18. und 19. Jahrhundert verloren viele Menschen durch die Industrialisierung ihre Arbeit, die Löhne waren niedrig und Frauen und Kinder mussten in den Fabriken wie auch unter Tage in den feuchten, dunklen Gruben mitarbeiten. Die Kleinsten waren häufig für die Wetterschleusen zwischen den Schächten zuständig. Größere Kinder schoben und zogen die Förderwagen für Kohle oder Erz durch die engen Strecken. Die Arbeitszeit betrug oft über 16 Stunden pro Tag. Die Kinderarbeit in Bergwerken wurde in England 1802, in Deutschland sogar erst 1839 gesetzlich verboten.

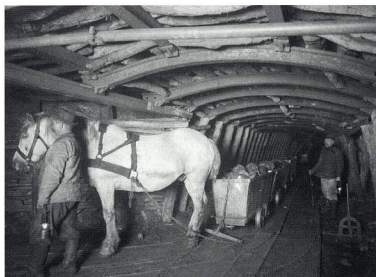


Auch Kinder arbeiteten in den Gruben und zogen und schoben die schweren Wagen.



Jugendlicher Bergmann (USA)

Anfang des 20. Jahrhunderts waren noch viele Grubenpferde vor den Hunden im Einsatz.



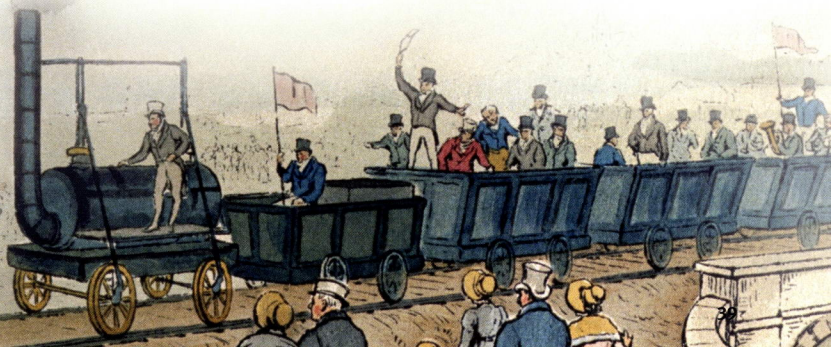
## MARKSCHEIDER

Oft sind Bergwerke unterschiedlicher Besitzer benachbart gelegen. Um dann beim Stollenbau nicht auf fremdes Gebiet zu geraten, also um das Bergrecht zu wahren, muss man das Bergwerk genau vermessen. Diese schwierige Aufgabe hat der Markscheider (Mark = Grenze, scheiden = trennen). Er muss einen Risswerk genannten Plan der gesamten Grubenteile erstellen. Heute helfen dabei Computer und moderne satellitengestützte Vermessungssysteme. Er erfasst Lagerstätten und legt danach den Verlauf der Stollen (Strecken) fest. Markscheider ist heute ein Ingenieurberuf, der an einer Hochschule studiert werden kann.

von denen zeitweise allein im Ruhrgebiet über 8 000 im Einsatz waren.

Es lag nahe, auch für den Überlandtransport Schienenfahrzeuge einzusetzen – anfangs gezogen von Pferden. Nach Erfindung der Dampfmaschine baute 1804 der Engländer Richard Trevithick die erste funktionierende Dampflokomotive. Sie war allerdings so schwer, dass die aus sprödem Gusseisen gefertigten Schienen brachen. 1825 war dieses Problem mit dem Einsatz von Stahlschienen überwunden und die erste Bahnstrecke konnte in Nordengland eröffnet werden. Die erste Fahrt beförderte Kohle der nahen Zeche, hatte aber auch Wagen für die Arbeiter und Gäste. Die Gleisspurweite der Strecke wurde später weltweit zur Normalspur.

Die erste Fahrt der Eisenbahn (Nordengland)



Jahrtausendlang mussten die

Bergleute mit Muskelkraft das Gestein lösen. Die Vortriebsleistungen erreichten daher

## Wie wurde Nitroglyzerin eingesetzt?

oft nur ein bis zwei Zentimeter pro Tag. Erst 1632 wurde im deutschen Bergbau das Sprengen mit Schießpulver eingeführt. Ein weiterer Fortschritt kam 1866, als ein Clausthaler Bergmann das neu erfundene, sehr starke Sprengöl Nitroglyzerin mit Sand mischte und im Bergbau einführte. Der schwedische Industrielle Alfred Nobel sah sich dies in Clausthal an und erfand daraufhin das Dynamit, indem er statt Sand feinporige Kieselerde nutzte. Heute werden im Bergbau vielfach Spezialsprengstoffe eingesetzt, die vergleichsweise ungefährlich sind und möglichst viel Gestein herauslösen.

Sprengen war nie ungefährlich, auch nicht um 1930. Hier zündet der Bergmann die Sprengschnur direkt an – und dann ist nicht mehr viel Zeit, sich in Sicherheit zu bringen.



# Schnitt durch ein Steinkohlenbergwerk

Der moderne Steinkohlenabbau hat

## ELEKTRIZITÄT

sich gegenüber dem früher stark

verändert. Ein wichtiger Grund dafür ist die Einführung der Elektrizität, vor allem des Elektromotors, der problemlos in jedem Winkel der Grube zu installieren ist und viele früher nur mühsam zu bewältigende Arbeiten relativ einfach erledigt. Den Strom bezieht er über Kabel von einem über Tage gelegenen Kraftwerk.

Jede Zeche besitzt mindestens

## DIE ZECHEN

zwei Hauptschächte.

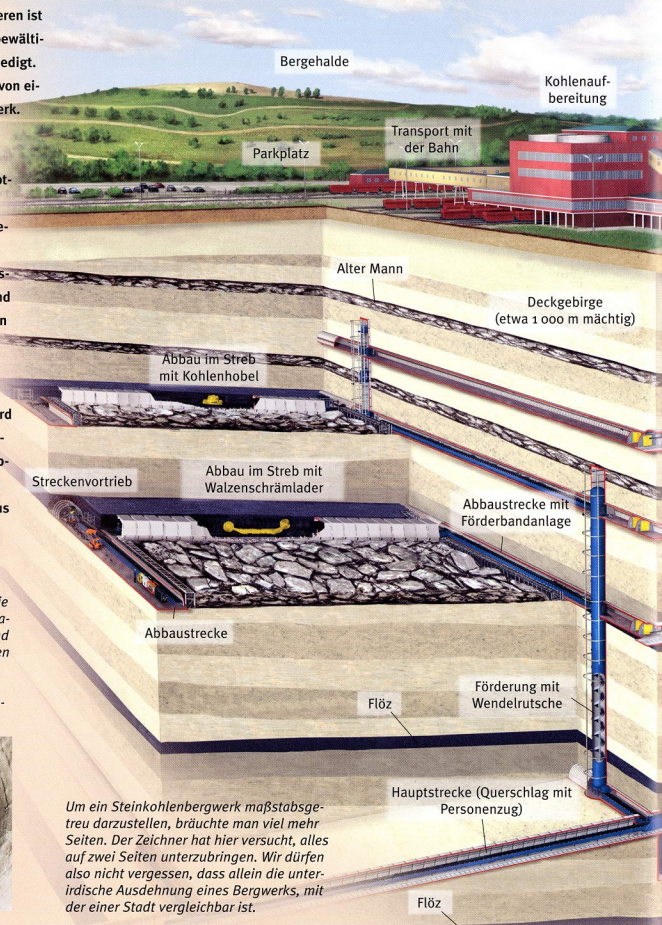
Sie führen bis in Tiefen von mehreren Hundert Meter, sind rund und haben etwa neun Meter Durchmesser. Schwere Stahlringe, Beton und Mauerwerk stabilisieren sie gegen den Gesteinsdruck. Über diesen Schächten ragen die Fördertürme mit den Förderanlagen auf. Durch den Hauptförderschacht wird die Kohle an die Oberfläche transportiert, außerdem dient er zur Ableitung der Abwetter. Hier saugen kräftige Ventilatoren die Abluft aus der Grube, sodass durch andere Schächte Frischluft hineinströmt.

Zum Auffahren der Strecke wird wie beim Tunnelbau eine Vollschnittmaschine eingesetzt. Schneidkopf und Rollmeißel drehen sich und scheren das Gestein ab, während die Maschine vorrückt. Der entstandene Tunnel muss dann noch gegen Einsturz gesichert werden.



Das ist besonders in Steinkohlenbergwerken wichtig, um die giftigen oder brennbaren Gase aus der Kohle abzuleiten. Zudem heizt die Erdwärme die Abbaustrecken in den großen Tiefen schon merklich auf (pro 100 Meter Tiefe wird

es etwa 3 Grad Celsius wärmer), und die Frischluft dient gleichzeitig zum Kühlen. Im Wetterschacht wird auch Material befördert und außerdem fahren hier die Bergleute zu ihrer Schicht ein und nach getaner Arbeit wieder aus.



Um ein Steinkohlenbergwerk maßstabsgetreu darzustellen, bräuhete man viel mehr Seiten. Der Zeichner hat hier versucht, alles auf zwei Seiten unterzubringen. Wir dürfen also nicht vergessen, dass allein die unterirdische Ausdehnung eines Bergwerks, mit der einer Stadt vergleichbar ist.

## STRECKE, STREB UND SOHLE

Das Bergwerk selbst ist durch horizontale Gänge (Strecken) in mehrere Stockwerke (Sohlen) unterteilt. Sie haben jeweils etwa 100 bis 200 Meter Abstand voneinander. Jedes Stockwerk verfügt über einen Füllort, also eine große Halle am Förderschacht. Hier kommt die geförderte Kohle über Band-

anlagen an, wird in ein Gefäß umgefüllt und an die Oberfläche gezogen. Vom Füllort aus gehen breite und hohe Strecken, die Querschläge, ins Gestein, von denen in gewissen Abständen weitere Strecken rechtwinklig abzweigen. Andere, kürzere Gänge führen von ihnen aus zu den einzelnen Abbaubetrieben im Flöz. Einen Gang, in dem abgebaut wird,

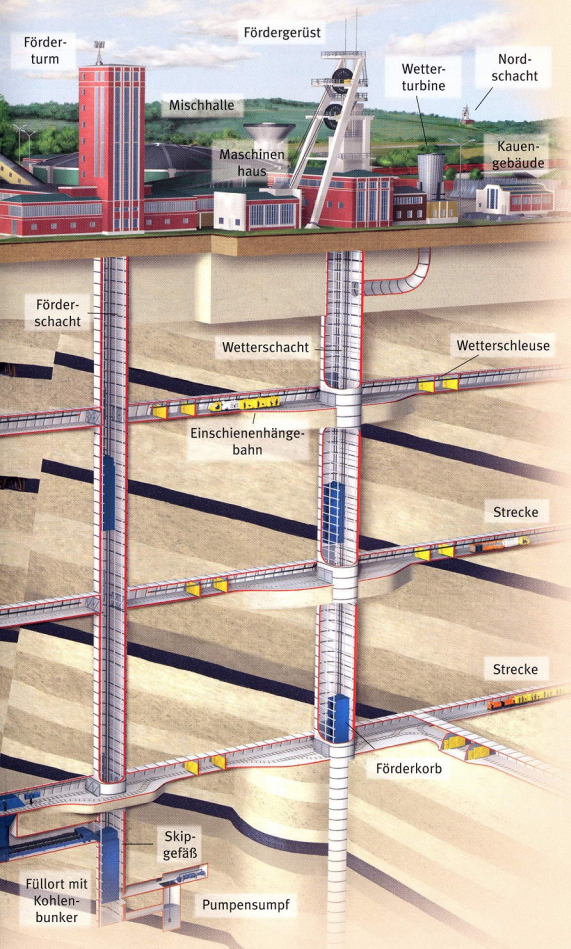
nennt man Streb. Alle diese Gänge müssen natürlich zuerst aufgefahren (ausgebaut) werden. Dazu bohrt man mit großen Bohrmaschinen Löcher in die Ortsbrust, also die wegzuschaffende Wand, lädt die Löcher mit Sprengstoff und zündet ihn. Lademaschinen fahren dann das herausgesprengte Gestein weg. Meist nutzt man robuste Seitenkipplader. Ihre Schaufeln sind an einem beweglichen, ausfahrbaren Arm angebracht. So können sie das Gestein aufnehmen und dann auch gleich auf ein Förderband laden, indem sie die Schaufel zur Seite kippen.

Zum Auffahren großer Gänge, etwa der Querschläge, dienen bisweilen Streckenvortriebsmaschinen, die sich wie Maulwürfe durchs Gestein fressen. Sie haben vorne große rotierende Schrämköpfe mit Meißeln, die schneidend das Gestein der Ortsbrust abtragen.

Alle Gänge müssen gegen den Druck des umliegenden Gesteins gesichert sein. Holzkonstruktionen wie in früheren Jahrhunderten haben allerdings längst ausgedient. Stattdessen kleidet man die Gänge mit Bögen aus Stahl oder Beton aus. Moderne Maschinen erledigen den Ausbau während des Vortriebs gleich mit.

Das Grubenwasser sammelt sich am tiefsten Punkt der Grube, dem sogenannten Grubensumpf und wird mittels kräftiger Elektropumpen hinausgeschafft.

*Das Streckennetz unter Tage ist verzweigt und so lang wie das Straßennetz einer Stadt.*



## Wie arbeitet man heute vor Ort?

Handarbeit mit Schlägel und Eisen hat längst ausgedient. Heute gewinnt man die Kohle vollmaschinell. Wird ein Flöz erreicht, beginnt der eigentliche Abbau. Die durchs Flöz geschlagenen Strecken, in denen die Abbaumaschinen installiert werden, heißen Strebe. Von hier aus fressen sich die Maschinen dann durch das Flöz.

Schmale Flöze mit weicher Kohle baut man mithilfe eines Kohlenhobels ab. Er besitzt kräftige Meißel, die an der Kohlschicht entlang gezogen werden und dabei eine etwa acht Zentimeter dicke Schicht abschälen. Die Kohlenbrocken fallen auf einen Kettenförderer. Er besteht aus zwei parallelen endlosen Ketten in einer Rinne aus Stahlblech, die in kurzen Abständen Metallstege als Mitnehmer tragen. Starke Motoren ziehen die Ketten und führen so die Kohlenstücke ans



In den 1950er Jahren wurde die Kohle noch mühsam mit dem pressluftgetriebenen Abbauhammer losgeschlagen.

Strebende, wo sie auf ein Transportband fallen und abtransportiert werden. Nach jedem Durchgang rückt die ganze Maschine im Flöz weiter vor.

Dickere Flöze mit harter Kohle bearbeitet der Walzenschrämlader. Solche Maschinen sind über 40 Tonnen schwer und mehr als 20 Meter lang. Ein Walzenschrämlader besitzt an seinen beiden Enden je eine mächtige, mit Meißeln bestückte, rotierende Walze von rund 1,5 Metern Durchmesser. Er fährt im gesamten Streb hin und her und schneidet jedesmal etwa einen Meter Kohle ab, der dann mit einem Kettenförderer ans Strebende gebracht wird. Während der Arbeit stützen zahlreiche schwere Stahlschilde das Gestein oberhalb der Maschine. Rückt die Maschine vor, werden auch diese Schilde vorwärts geschoben. Hinter ihnen bricht das Gestein in den entstandenen Hohlraum ein und füllt ihn aus. Gesteuert wird der Vorgang von einer über Tage gelegenen Gruben- oder Sicherheitswarte aus.

## AUSBAU VOR ORT



Früher wurde Holz zum Ausbau der Flöze verwendet.



Beim Strebabau um 1950 benutzte man Holzkappen und Stahlstempel.



Stahlschilde schirmen beim modernen Schreitausbau den Streb ab.

Die Einschienenhängebahn befördert Bergleute und Material in den Nebestrecken.

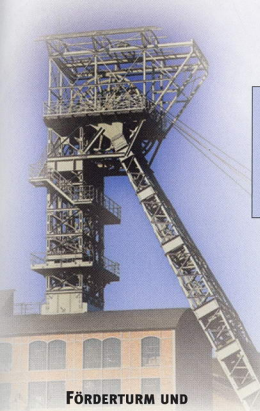


Der Walzenschrämlader im Schildstreb wird nicht vor Ort, sondern von einer Zentrale aus gesteuert.



Der Kohlenhobel arbeitet häufig vollautomatisch. Die Männer vor Ort kontrollieren den Arbeitsvorgang.





## FÖRDERTURM UND FÖRDERGERÜST

Diese Bauwerke sind geradezu zum Symbol des Bergbaus geworden. Die hölzernen Haspeln des Altertums und des Mittelalters wurden später, als die Fördertiefe immer größer wurde, von eisernen Gerüsten mit gewaltigen Rädern abgelöst. Zwischen 1855 und 1890 baute man bei sehr großen Fördertiefen dickwandige Türme (Malakoff-Türme) über die Schächte. Ihre meterdicken Wände mussten die gewaltigen Kräfte aufnehmen, mit der das Fördergut und die Hunderte von Metern langen Stahlseile an den Seilscheiben zerrten. Ende des 19. Jahrhunderts wurden die Türme durch Stahlfördergerüste ersetzt.

## Wie gelangt die Kohle an die Oberfläche?

Die gewonnene Rohkohle, die aus Kohlenstücken und Gesteinsbrocken besteht, gelangt über mehrere Transportbänder durch die Strecken zum Füllort und fällt in den Kohlenbunker, einen großen Vorratsbehälter. Von dort füllt ein Transportband sie in sogenannte Skipgefäße, spezielle Transportkörbe im Förderschacht. Über Tage entleeren sich die Behälter wiederum in einen Bunker und sausen wieder nach unten. Moderne Schachtförderanlagen müssen gewaltige Leistungen bringen: Pro Tag

werden mehrere Tausend Tonnen Kohle und Abraum aus dem Berg geholt sowie Maschinenteile und Personen befördert.

Über Tage gelangt die Kohle zunächst in eine riesige runde Halle. Dort wird sie gleichmäßig aufgeschüttet und wieder abgeräumt. Ziel ist es, die geförderten Kohlenmengen sorgsam zu durchmischen, um gleichbleibende Qualität zu gewährleisten. Dann wird die Kohle nach Korngrößen sortiert – große Brocken, kleinere Brocken, Körner, Staub – und in einem pulsierenden Wasserstrom von Gestein befreit: Die leichtere Kohle schwimmt oben, die Steinen sinken ab. Schließlich wird sie



Die Seilfördermaschine befindet sich in einem Maschinenhaus neben dem Förderturm. Sie besteht aus einer Stahltrommel mit meist vier Seilsträngen. Über die Seilscheiben des Förderturms werden die Seile in den Schacht gelenkt. An beiden Enden der Seile hängt je ein Förderkorb oder ein Skip.

Förderbänder transportieren die Kohle zu den Schächten.

In den 1980er Jahren wurden Großwaggons zum untertägigen Transport der Kohle eingesetzt.

Über Tage wird die Kohle mit Förderbändern in die Mischhalle gebracht.

Ziel der Schiffe ist die Kokerei oder das Kraftwerk.



*In der Sicherheitswarte  
laufen Informationen aus  
allen Teilen des Berg-  
werks zusammen.*



getrocknet, mit Transportbändern in Güterwagen verladen und später weiterverarbeitet, etwa zu Koks.

Seit Ende der 1970er Jahre ist der Kohlenabbau immer weiter automatisiert worden. Eine zentrale Sicherheitswarte über Tage steuert den Abbau und den Transport der Kohle. Dabei kann das betreffende Flöz kilometerweit entfernt sein. Unter Tage wachen Bergmänner an Computerterminals über die Vorgänge, untereinander verbunden mit Laptop und

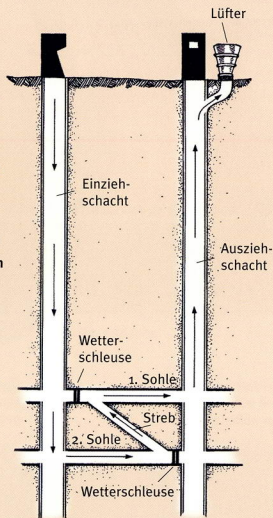
Handy. Gerade Deutschland hat eine jahrhundertelange Erfahrung im Bergbau und die technischen Möglichkeiten sind an die große Tiefe und Besonderheit der Lagerstätten angepasst. Besonders das Wissen in der Sicherheitstechnik ist deshalb international gefragt.

## ZUKUNFT DEUTSCHER STEINKOHLE

Die Blütezeit des deutschen Steinkohlenbergbaus lag in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts. 1957 arbeiteten in Deutschland 183 Zechen, auf denen über 600 000 Menschen beschäftigt waren. Inzwischen ist die Zahl der Zechen auf acht (Stand Mitte 2007) gesunken. Erdöl und Erdgas hat die Kohle als Heizmittel verdrängt. Deutsche Steinkohle ist vergleichsweise teuer, denn während wir sie aus über tausend Metern Tiefe fördern müssen, kann sie in anderen Ländern noch im Tagebau gewonnen werden. Konkurrenzfähig ist unsere Kohle im Moment deshalb, weil die Förderung finanziell durch den Staat unterstützt wird. Viele wollen diese Kosten sparen. Deshalb haben die Politiker beschlossen, die Steinkohlenförderung 2018 auslaufen zu lassen. Kommt es dazu, besteht die Gefahr, dass damit auch unser technisches Wissen und unsere Erfahrung verloren gehen. Es bedeutet auch, dass wir von der Einfuhr fremder Kohle abhängig werden.

## BEWETTERUNG

Unter „Wetter“ versteht der Bergmann alle innerhalb der Grube auftretenden Gase. „Frische Wetter“ nennt man die unverbrauchte Luft, „matte Wetter“ enthalten nur noch wenig Sauerstoff. Schon im Altertum legte man „Wetterschächte“ an, damit die Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenluft einen Luftzug durch die Schächte und Stollen trieben. Später wurde diese „Bewetterung“ durch mechanisch, dann durch elektrisch angetriebene Ventilatoren verstärkt. Heute wird aus den Flözen sogar schon vor dem Abbau ein Großteil der giftigen Gase abgesaugt. Die „Bewetterung“ versorgt die Grubenbaue mit Frischluft. Sie ist für die Bergleute, den Betrieb der Maschinen und zur Kühlung der Luft wichtig. Die Wetterführung wird mit Computern berechnet und auch die Wetterschleusen und die Frischluftmenge werden so gesteuert. Zeigt die ständige Online-Kontrolle einen kritischen Wert, werden die Maschinen automatisch abgeschaltet, die Förderung eingeschränkt und die Wettermenge vergrößert.





*Brennendes Flöz in China*

## WENN FLÖZE UND HALDEN BRENNE

Bisweilen entzündet sich Kohle auf Halden und in Flözen von selbst, wenn sie mit Luft in Berührung kommt. Bei welcher Temperatur dies geschieht, hängt von der Art der Lagerung ab; es kann bei Braunkohle schon bei 50 Grad Celsius geschehen. Insgesamt zerstören Brände pro Jahr weltweit über 20 Millionen Tonnen Kohle und machen die zehnfache Menge für den Abbau unbrauchbar. Brennende Flöze gibt es in zahlreichen Kohlenrevieren zum Beispiel in China. Sie sind kaum zu löschen. In Australien etwa hat sich der „Brennende Berg“ schon vor Jahrtausenden entzündet und frisst sich 30 Meter unter der Oberfläche langsam voran. Bisweilen entzündet sich auch die Restkohle im Innern älterer Abraummalden. In Deutschland wird seit vielen Jahren das Gestein so verdichtet aufgeschüttet, dass kein Sauerstoff mehr eindringen kann und keine Gefahr besteht.

## Welchen Gefahren sind Bergleute ausgesetzt?

Unglücke geschah 1906 in der französischen Kohlengrube von Courrières. Ein Brand forderte 1099 Opfer. In früheren Zeiten waren es vor allem Bergeinstürze und plötzliche Wassereinbrüche, bisweilen riss auch das Förderseil. Opfer forderte daneben die Staublunge (Silikose) als typische Berufskrankheit der Bergleute: Das ständige Einatmen von Gesteinstaub schädigt die Lunge und führt zu Husten, Atemnot und in schlimmen Fällen zum Erstickten. Das Feuer setzen, also das Zermürben von Gestein durch einen großen Brand, füllte die Stollen nicht nur mit Rauch, sondern oft auch mit dem geruchlosen, schon in kleinen Mengen tödlichen Gas Kohlenmonoxid.

Als dann Sprengstoff das Feuer setzen ablöste, sank die Zahl der Unglücksoffer kaum.

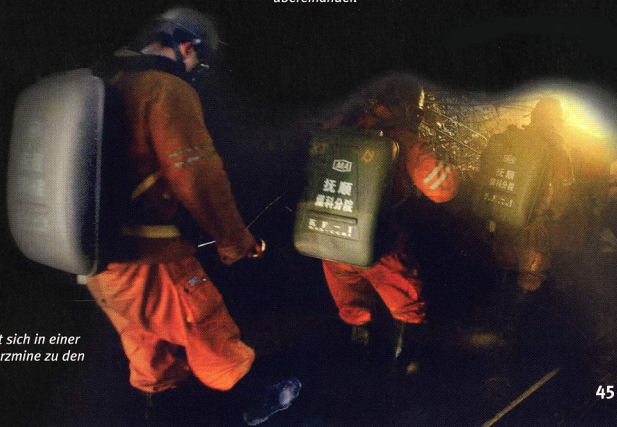
Jetzt kamen die Bergleute durch Explosionen und unerwartete Einstürze, teils auch durch die Giftgase des Sprengstoffs, um.

Besonders gefährlich sind Kohlengruben. Die Kohle entlässt oft giftiges Kohlenmonoxid. Früher nahmen Bergleute daher Kanarienvögel mit unter Tage, die empfindlich auf Giftgase und Luftmangel reagieren: Sie verstummen und fallen von der Stange.

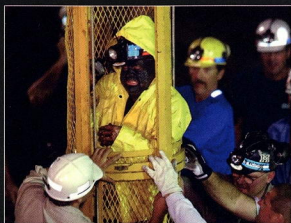
Das ebenfalls oft austretende, brennbare Grubengas Methan bildet mit Luft in einer bestimmten Konzentration ein explosives Gemisch („Schlagende Wetter“). Jeder Funke kann es entzünden, und solche Schlagwetterexplosionen haben schon viele Bergleute getötet. Bis vor etwa 200 Jahren waren meist die



*Die zahlreichen Behälter der Wassertrogsperrung hängen übereinander.*



*Eine Rettungsmannschaft kämpft sich in einer brennenden chinesischen Eisenerzmine zu den Bergleuten vor.*



Die Dahlbuschbombe (erster Einsatz im Bergwerk Dahlbusch, 1955), eine Rettungskapsel für eine Person, kann durch ein schmales Bohrloch zu Verschlütteten abgelassen werden. Noch heute sind moderne Ausführungen im Einsatz.

offenen Flammen der Grubenleuchten die Ursache. Der englische Naturforscher Humphrey Davy erfand 1815 eine Sicherheitslampe für Bergleute. Er umgab die Flamme mit einem feinmaschigen Drahtnetz, das die Explosion verhinderte.

Moderne Bergwerke haben an der Stollendecke Wassertragsperren: Plastikgefäße, die mit je 80 Litern Wasser gefüllt sind. Bei einer Explosion durch Schlagwetter oder auch Kohlenstaub zerplatzen sie durch den Luftdruck und der Wasservorhang löscht die sich ausbreitende Flammenfront. Allerdings ist heute die Gefahr dank elektrischer Beleuchtung klein. Alle Elektrogeräte unter Tage sind gegen Funkenbildung geschützt. Bis vor einigen Jahren benutzte man auch Pressluftgeräte. Zudem verwendet man große Sorgfalt auf die Bewetterung, also den Luftaustausch in der Grube.

Besonders riskant ist die Arbeit in anderen Ländern wie zum Beispiel in Chinas Kohlengruben, die zum Teil ungesetzlich betrieben werden. Man schätzt, dass hier jährlich 12 000 Menschen ums Leben kommen.

## SICHERHEITSAUSRÜSTUNG, KLEIDUNG UND KAUE

Bevor ein Bergmann einfährt, legt er in dem „Weißkaue“ genannten Umkleideraum seine Alltagskleidung ab und geht in die „Schwarzkaue“, um dort seine Arbeitskleidung anzulegen. Dazu gehören neben der normalen Unterwäsche, Hemd, Hose und Socken ein heller Anzug und die Sicherheitsausrüstung.

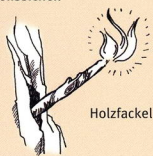


Helm  
Kopflampe  
Schutzbrille  
Halstuch  
heller Arbeitsanzug  
Schutzhandschuhe  
Akku für Kopflampe  
Schienbeinschoner  
Sicherheitsschuhe  
Kohlenmonoxid-Filter

Schwarzkaue

## GELEUCHT

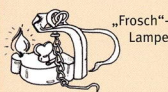
Erst die relativ lichtstarke und mit Benzin betriebene Grubenlampe war explosionsicher.



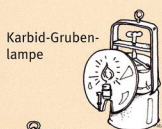
Holzfackel



Öllampe aus Ton



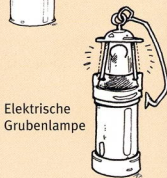
„Frosch“-Lampe



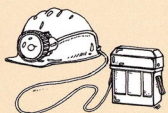
Karbidgeubenlampe



Benzin-Wetterlampe



Elektrische Grubenlampe



Kopflampe mit Akku

# Stillgelegte Bergwerke

Von den einst Hunderten von Bergwer-

## EIN SICHERER ORT

ken in Deutschland arbeitet nur noch etwa ein Dutzend, weil sich der Abbau der Bodenschätze unter den hiesigen Bedingungen nicht lohnt oder die Lagerstätten erschöpft sind. Viele alte Schächte hat man früher einfach mit Gestein gefüllt und verschlossen. Aber einige Werke bekamen noch die Chance auf ein zweites Leben. Im Zweiten Weltkrieg wurden beispielsweise Kunstschatze aus Museen in Salzbergwerken gesichert, etwa bei Kaiserroda in Thüringen und im österreichischen Altaussee. In einem alten Stollen bei Freiburg im Schwarzwald lagern heute mehr als 600 Millionen Mikrofilme in Edelstahlbehältern („Zentraler Bergungsort der Bundesrepublik Deutschland“). Sie enthalten Fotos von geschichtlich bedeutenden Dokumenten wie Krönungsurkunden und wertvolle alte Handschriften. Auch gefährliche Stoffe ruhen unter Tage sicherer als an der Oberfläche, zum Beispiel in Stollen der Salzbergwerke in Heilbronn (Baden-Württemberg), Borth (Nordrhein-Westfalen) und Herfa-Neurode (Hessen). Andere Stollen dienen zur Langzeitaufbewahrung radioaktiver Abfälle.

ken in Deutschland arbeitet nur noch etwa ein Dutzend,



Helm aufsetzen ist Pflicht bei der Fahrt durch ein Besucherbergwerk (Ehrenfriedersdorf, Sachsen).

Unterirdische Hohlräume eignen sich auch als Zwischen- oder Vorratslager wichtiger Rohstoffvorräte wie Erdöl, Erdgas und chemische Produkte. Weil man Gase in der Tiefe unter sehr hohem Druck speichern kann, lassen sich so in ausgelagerten Salzavern riesige Mengen unterbringen. Steinkohlenbergwerke eignen sich als Aufbewahrungsort übrigens nicht. Bei bestimmten Krankheiten der Atemwege wirkt die feuchtkühle Bergwerksluft heilend, denn sie ist frei von Pollen und anderen allergieauslösenden Stoffen. Daher hat man in manchen ehemaligen Gruben „Heilstollen“ eingerichtet.

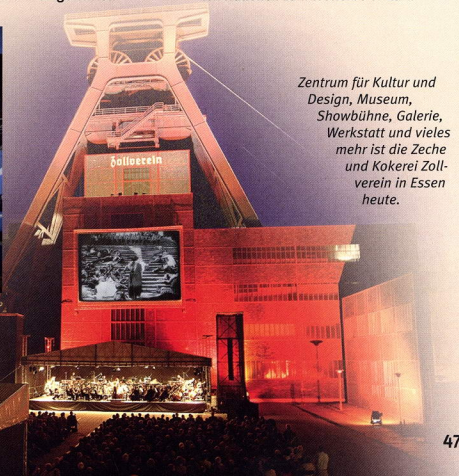
Bergwerke stellen ein Stück Geschichte

## BERGWERKE ZUM ANSCHAUEN

dar. Deshalb hat man viele alte Gruben zu Schau- bergwerken hergerichtet. In diesen Museen unter Tage künden alte Maschinen und Werkzeuge von der einstigen Tätigkeit. In vielen Regionen entstehen durch freiwillige Helfer aus alten kleinen Zechen Besucherbergwerke, Bergbaulehrpfade oder auch Winterquartiere für Fledermäuse. Die Blei-Silber-Grube Rammelsberg bei Goslar und die Zeche und Kokerei Zollverein in Essen wurden sogar von den Vereinten Nationen zum Welterbe erklärt.



In einem alten Salzbergwerk werden in einer Untertagedeponie Kunstsacks mit giftigem Filterstaub eines Kraftwerks gelagert.



Zentrum für Kultur und Design, Museum, Showbühne, Galerie, Werkstatt und vieles mehr ist die Zeche und Kokerei Zollverein in Essen heute.

# Begriffe aus dem Bergbau

**Abteufen:** Bau von Schächten zu einer Lagerstätte

**Alter Mann:** aufgebogener Stollen, oft teilweise eingestürzt oder geflutet

**Arschleder:** früher vor das Hinterteil gebundenes Stück Leder, bot Schutz vor Nässe und Steinen beim Sitzen und Hinabrutschen in schrägen Schächten

**Berge:** Gesteinsstücke, die beim Abbau mitgewonnen werden  
**First:** Decke oder Abbaubereich eines Stollens

**Halde:** Anhäufung der anfallenden Berge bei der Kohलगewinnung, kann aber auch aus Kohle selbst sein

**Hängebank:** oberes Ende des Schachtes, hier wird Material be- und entladen und Personen bestiegen die Förderkörbe

**Hangendes:** Gesteinsschichten oberhalb einer Lagerstätte oder

eines Flözes

**Hauer:** alte Bezeichnung für einen Bergmann

**Kumpel:** Bergmann, von „Kumpen“, lateinisch „cum pane“, jemand, mit dem ich mein Brot teile

**Liegendes:** Gestein unterhalb einer Lagerstätte

**Mine:** internationales Wort für Bergwerk

**Mundloch:** Eingang eines vom Hang in den Berg führenden Stollens

**saiger:** senkrecht in die Erde verlaufend

**Seilfahrt:** Personenbeförderung in einem Schacht

**söhlig:** horizontal in die Erde verlaufend

**Steiger:** Aufsichtsführender Ingenieur

**Tiefe:** anderes Wort für Tiefe

**tonnläufig:** schräg in die Erde verlaufend

**Zeche:** ursprünglich der Anteil eines Bergwerkseigners an einem Bergwerk, heute Schachtanlage

## Index

### A B C D

Abbauhammer 42  
Agricola 27  
Airborne-Methode 16, 17  
Aluminium 9  
Aluminiumerz 9  
Amalgam 7  
Annaberg 30, 32  
Archimedische Schraube 24, 25  
Athen 23  
Ausbeutermünze 32  
Aussib 16  
Barbara, Heilige 32  
Berchtsgaden 33  
Bergkanne 32  
Besucherbergwerk 47  
Bewetterung 44  
Big Hole 12  
Blei 8, 11, 14, 24  
Bleierz 8  
Bohrlochmessung 16  
Borth 33  
Braunkohle 4, 10, 12, 35  
Brennstoff, fossil 10, 11  
Bronze 7, 9, 20, 22, 23  
Bruderhaus 31  
Bulge 27  
Bulgenkunst 27  
Clausthal 26, 39  
Dahlbuschbombe 46  
Dampflokomotive 39  
Dampfmaschine 38, 39  
Dampfpumpe 38  
Davy, Humphrey 46  
Deckgebirge 37  
Diamant 10, 12  
Dollar 32  
Drachme 23  
Dynamit 39

### E F G H I

Edelstein 7, 10  
Einschienehängebahn 42  
Eisen 8, 9, 11, 15, 22, 23, 24  
„Eisen“ 22, 24, 25, 42  
Eisenbahn 38, 39  
Eisenerz 8, 18, 28, 29, 35  
Elektrizität 40  
Erbstollen 27  
Erdgas 4, 10, 12, 15, 44, 47  
Erdöl 4, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 44, 47  
Erdwärme 19  
Erz 6, 11, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 34  
Erzberg (Steiermark) 34  
Erzgebirge 30, 32  
Europäische Union 28  
Ferkerkundung 16, 17  
Feuersetzen 22, 45  
Feuerstein 6  
Flöz 11, 36, 38, 40, 41, 42, 44, 45  
Förderband 43  
Fördergerüst 41, 43  
Förderschacht 41, 43  
Förderturm 40, 41, 43  
Freiberg 31, 32  
Freiburg 32  
Füllort 41  
Galmel 9  
Galmel-Veilchen 16  
Gang, hydrothermal 11  
Geoelektrik 17  
Geologe 16  
Geophysik 17  
Geophysiker 16, 17

Geothermie 19  
Gezähe 25  
Gold 7, 11, 15, 20  
Goldwaschen 11  
Goslar 31, 47  
Grubenpferd 38, 39  
Grubensumpf 41  
hal 10  
Hallstatt 33  
Hammer 22, 24  
Haspel 25, 27, 38, 43  
Heilstollen 46  
Heinzenkunst 25, 27  
Hunt 38, 39  
Industrialisierung 38  
Inkohlung 12

### K L M N

Kalisalz 13  
Kehrad 26  
Kettenförderer 42  
Kinderarbeit 38  
Kiruna 28, 29  
Knappenverein 30  
Knappschaft 30, 31, 32  
Kohle 11, 12, 16, 28, 34, 40, 42  
Kohlenhobel 40, 42  
Kohlenmonoxid 45  
Koks 8, 10, 44  
Kupfer 7, 9, 11, 14, 15, 22, 24, 35  
Kupfer, gediegen 7, 20  
Kupfererz 7, 20, 34, 35  
Kuxschein 32  
Laurion 23  
Legierung 7, 9, 20  
Lösung, hydrothermal 14  
Luppe 21, 23  
Magma 14  
Magnetik 18

Manganknolle 29  
Markscheider 39  
Meersalz 13  
Meißel 22, 24  
Messing 7, 9  
Metall 20, 21  
Metereisen 20  
Methan 45  
Minerale 6, 14, 15, 34  
Mischhalle 41, 43  
Mitterberg 22  
Newcomen, Thomas 38  
Nitroglycerin 39

### O P Q R

Öllampe 24  
Ölsand 34  
Ötzi 20  
Paradetracht 32  
Pferdegöpel 26  
Pinge 6, 34  
Pluton 14  
Prägung 32  
Quecksilber 7, 24  
Querschlag 40, 41  
Radarwelle 19  
Radon 19  
Rammelsberg 31, 47  
Rekultivierung 35  
Rennofen 23  
Römisches Reich 24, 25  
Rohstoffknappheit 15  
Ruhrgebiet 36  
Ruhrpott 36

### S T U V

sal 10  
Saline 10  
Salz 10, 33  
Salz, kalihaltig 10  
Salzsieder 33  
Salzstraße 33  
Savery, Thomas 38

Schaufelkranz 26  
Schaufelradbagger 34, 35  
Scheibe von Nebra 22  
Schicht 40  
Schießpulver 39  
Schild 42  
Schildausbau 42  
Schlacke 23  
Schlägel 22, 24, 26, 42  
Schlagwetterexplosion 45  
Schmuckstein 10  
Schreitaubau 42  
Schwarzer Raucher 14, 15  
Schwarzkaue 46  
Schwarz (Tirol) 27, 32  
Schwazer Bergbuch 27  
Schwerkraft 18  
Schwermetall 16  
Seifen 11  
Seilfördermaschine 43  
Seismik 18  
Sicherheitsausrüstung 46  
Sicherheitswarte 42, 44  
Sieben Zwerge 25  
Silber 7, 11, 14, 15, 23, 24, 30  
Silbererz 7  
Silberlocke 7  
Sinkwerk 33  
Skipgefäß 41, 43  
Sole 33  
Sohle 41  
Speisesalz 33  
Stadtappen 32  
Stahl 8, 28  
Stahlverder 8  
Staublunge 45  
Steinkohle 4, 10, 11, 12, 34, 36, 44

Steinsalz 10, 13, 33  
St. Joachimsthal 32  
Strahlung, radioaktive 19  
Streb 41, 42  
Strebaubau 42  
Strecke 41  
Tagebau 34, 35  
Taler 32  
Tiefseebergbau 29  
Torf 10  
Trevithick, Richard 39  
Untertagedeponie 47  
Uran 8, 11, 19  
Uranerz 8  
Verhüttung 20  
Vorkommen 11

### W Z

Walzenschrämlader 40, 42  
Wasserhaltung 24, 27, 38  
Wasserkübel 27  
Wasserrad 26  
Wassertrogsperre 45, 46  
Watt, James 38  
Weißblech 9  
Weißkaue 46  
Wetterschacht 40, 41  
Wetterschleuse 38, 41  
Wissmut 11, 14  
Wünschelrute 19  
Zeche 36, 40, 44  
Zeche und Kokerei 14  
Zink 7, 11, 14  
Zinkerz 16  
Zinn 7, 9, 11, 14, 20  
Zollverein 47